



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ
ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

Τεύχος Α: ΟΔΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ



Σ. Μαυρομάτης
Επίκουρος Καθηγητής

Μάρτιος 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1	Γενικά.....	4
1.2	Αρχές Σχεδιασμού	6
1.3	Τύποι Ελιγμών.....	6
2	ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΟΜΒΩΝ.....	9
2.1	Γενικά.....	9
2.2	Κόμβοι σε Υπεραστικές Οδούς.....	10
2.3	Κόμβοι σε Αυτοκινητόδρομους.....	13
3	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ	16
3.1	Τετρασκελείς Ανισόπεδοι Κόμβοι	16
3.1.1	ΑΚ Μορφής “Διαμάντι”	16
3.1.2	ΑΚ Μορφής “Τριφύλλι”.....	19
3.1.3	ΑΚ Διασταύρωσης Αυτοκινητόδρομων.....	25
3.2	Τρισκελείς Ανισόπεδοι Κόμβοι	26
3.2.1	ΑΚ Μορφής “Σάλπιγγα”	26
3.2.2	ΑΚ Διασταύρωσης Αυτοκινητόδρομων.....	28
3.3	Χαρακτηριστικά Λειτουργίας	29
3.3.1	Συνέχεια και Ομοιομορφία	29
3.3.2	Αποστάσεις μεταξύ Ανισόπεδων Κόμβων.....	32
3.3.3	Αποστάσεις μεταξύ Συνδετήριων Κλάδων	34
3.3.4	Βασικές Λωρίδες – Πρόσθετες Λωρίδες – Ισοζύγιο Λωρίδων.....	38
3.3.5	Πλέξεις	40
3.4	Επιλογή Ανισόπεδου Κόμβου	43
3.5	Γεωμετρικός Σχεδιασμός	44
3.5.1	Ταχύτητες Συνδετήριων Κλάδων	46
3.5.2	Διατομές Συνδετήριων Κλάδων	46
3.5.3	Οριακές Τιμές Σχεδιασμού Συνδετήριων Κλάδων	48
3.5.4	Περιοχή Εξόδου Συνδετήριων Κλάδων	50
3.5.5	Περιοχή Εισόδου Συνδετήριων Κλάδων.....	55
3.6	Ορατότητα	60
4	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ	61
4.1	Γενικά.....	61
4.2	Οριζοντιογραφία – Μηκοτομή	62
4.2.1	Οριζοντιογραφία	62
4.2.2	Μηκοτομή	62
4.3	Χαρακτηριστικά Διαρρύθμισης	65
4.4	Αριστερές Στροφές Εξόδου	66
4.5	Δεξιές Στροφές Εξόδου.....	69
4.6	Είσοδος σε Κόμβο	72
4.7	Συμβολές με Αγροτικές Οδούς	76

4.8	Ίχνη Κατάληψης Οχημάτων.....	77
4.9	Σημεία Διαβάσεων	77
4.10	Συναρμογή Οριογραμμών	79
4.11	Υψομετρική Διαμόρφωση	81
4.11.1	Υψομετρική Διαμόρφωση Οδού σε Ευθυγραμμία με Σταθερή Κλίση.....	81
4.11.2	Υψομετρική Διαμόρφωση Οδού σε Καμπύλη με Σταθερή Κλίση	82
4.11.3	Εφαρμογές Υψομετρικής Διαμόρφωσης Οδού.....	83
4.11.4	Υψομετρική Διαμόρφωση Ισόπεδου Κόμβου	89
4.12	Ορατότητα	100
4.12.1	Γενικά.....	100
4.12.2	Πεδίο Ορατότητας για Στάση.....	100
4.12.3	Πεδίο Ορατότητας για Εκκίνηση	101
4.12.4	Πεδίο Ορατότητας για Προσέγγιση.....	101
4.13	Σχεδιασμός Σταγόνων	102
4.13.1	Μικρή Σταγόνα.....	103
4.13.2	Μεγάλη Σταγόνα.....	109
4.14	Σχεδιασμός Δεξιάς Στροφής Εξόδου	115
4.14.1	Με Τριγωνική Νησίδα	115
4.14.2	Χωρίς Τριγωνική Νησίδα	119
4.15	Σχεδιασμός Δεξιάς Στροφής Εισόδου	121
5	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ	123
5.1	Γενικά.....	123
5.2	Ασφάλεια Κυκλοφορίας	124
5.3	Κριτήρια Σχεδιασμού	129
5.3.1	Διαχείριση Ταχυτήτων	130
5.3.2	Διαχείριση Προσβάσεων.....	132
5.3.3	Όχημα Σχεδιασμού.....	133
5.3.4	Μήκος Ορατότητας	133
5.4	Γεωμετρικός Σχεδιασμός	135
5.4.1	Τύποι Κυκλικών Κόμβων και Βασικά Χαρακτηριστικά Σχεδιασμού	135
5.4.2	Θέση Κυκλικού Κόμβου ως προς τους Κλάδους Προσέγγισης.....	138
5.4.3	Επικλίσεις επί του Κυκλικού Οδοστρώματος και Υπερβατή Ζώνη.....	139
5.4.4	Σχεδιασμός Εισόδου.....	139
5.4.5	Σχεδιασμός Εξόδου	142
5.4.6	Κατευθυντήριες – Διαχωριστικές Νησίδες	144
5.4.7	Παρακαμπτήριες Λωρίδες	145
5.5	Λειτουργική Ανάλυση.....	146
5.5.1	Γενικά.....	146
5.5.2	Εκτιμώμενοι Κυκλοφοριακοί Φόρτοι.....	147
5.5.3	Χωρητικότητα.....	148
5.5.4	Λόγος Εξυπηρετούμενου Φόρτου προς Χωρητικότητα.....	151
5.5.5	Εκτίμηση Καθυστερήσεων.....	151

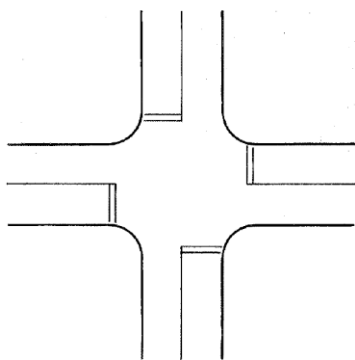
5.5.6	Καθορισμός Επιπέδου Εξυπηρέτησης.....	152
5.5.7	Εκτίμηση Μήκους Ουρών	153
5.6	Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”	157
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	158

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

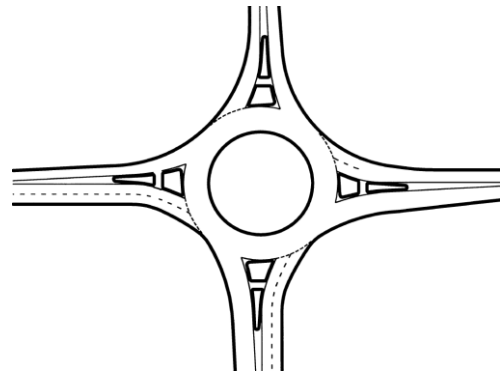
1.1 Γενικά

Ως οδικός κόμβος ορίζεται η κυκλοφοριακή περιοχή όπου συνδέονται δύο ή και περισσότερες (υπό συνθήκες) οδοί, στην οποία εξυπηρετείται η ομαλή κατανομή της κυκλοφορίας από και προς την κύρια οδό, καθώς και, στις περιπτώσεις που προβλέπεται, η άνετη διέλευση πεζών και ποδηλάτων. Διακρίνονται οι εξής μορφές οδικών κόμβων:

- **Ισόπεδοι κόμβοι (ΙΚ)**
Αφορούν στην ισόπεδη σύνδεση δύο ή περισσότερων οδών, στην οποία περιλαμβάνονται τα έργα διαμορφώσεων – εξοπλισμού των υπό σύνδεση οδών, καθώς και ο παρόδιος, για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας, χώρος. Πέρα από τη συμβατική του διάταξη (Σχήμα 1.1α), ένας ισόπεδος κόμβος μπορεί να είναι και κυκλικής μορφής (Σχήμα 1.1β).
- **Ανισόπεδοι κόμβοι (ΑΚ)**
Αποτελούν περιοχή ανισόπεδης σύνδεσης δύο ή περισσότερων οδών όπου περιλαμβάνονται τα έργα υψομετρικού διαχωρισμού των συνδετήριων κλάδων σύνδεσης (ράμπες) και διαμορφώσεων – εξοπλισμού των υπό σύνδεση οδών, καθώς και ο παρόδιος χώρος για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας. Η ανισόπεδη διασταύρωση με τη μορφή άνω – κάτω διάβασης, στην οποία δεν υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ των συμβαλλόμενων οδών, δεν αποτελεί ανισόπεδο κόμβο. Οι ανισόπεδοι κόμβοι, ανάλογα με τη σημασία και τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά των προς σύνδεση οδών, γενικά αναπτύσσονται μεταξύ δύο (Σχήμα 1.2α) και τεσσάρων επιπέδων κυκλοφορίας (Σχήμα 1.2β).

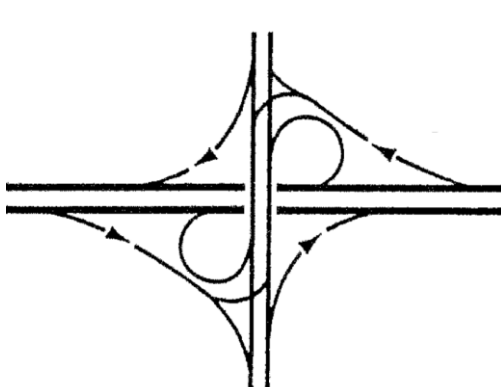


(α) συμβατικής διάταξης

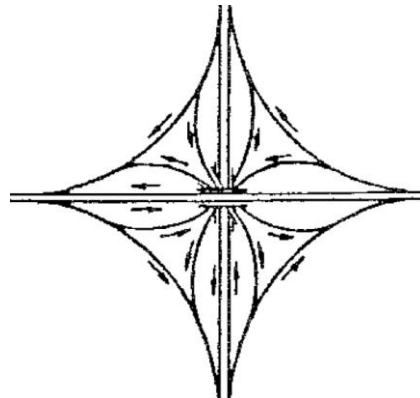


(β) κυκλικής διάταξης

Σχήμα 1.1(α,β). Ισόπεδοι κόμβοι συμβατικής και κυκλικής διάταξης.



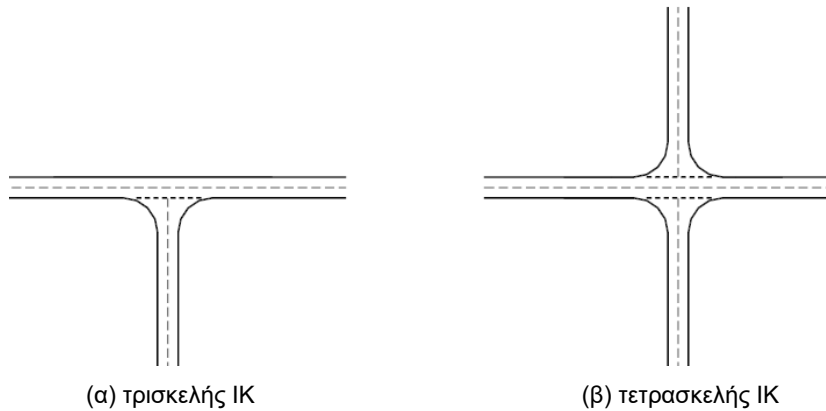
(α) 2 επίπεδα κυκλοφορίας



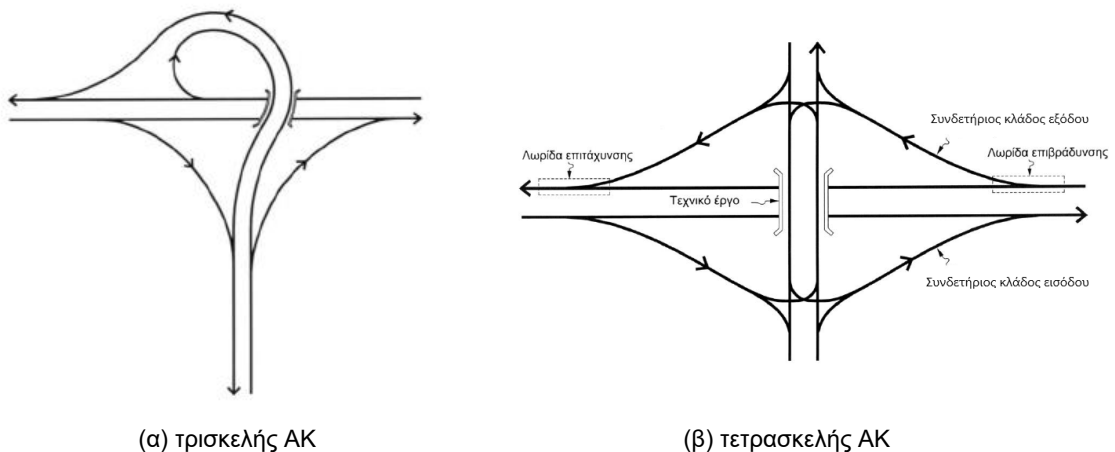
(β) 4 επίπεδα κυκλοφορίας

Σχήμα 1.2(α,β). Ανισόπεδοι κόμβοι σε δύο και τέσσερα επίπεδα κυκλοφορίας.

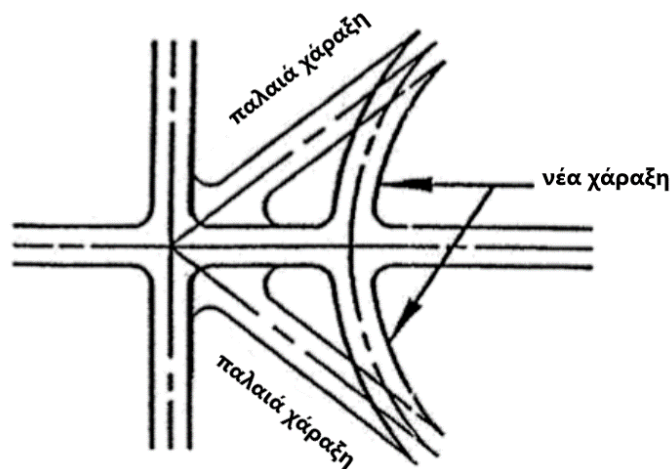
Σε ό,τι αφορά στον τύπο των προς σύνδεση οδών, οι κόμβοι μπορεί να είναι τρισκελείς ή τετρασκελείς. Παράδειγμα τρισκελούς και τετρασκελούς ισόπεδου κόμβου φαίνεται στο Σχήμα 1.3, ενώ οι αντίστοιχοι τύποι σε ανισόπεδο κόμβο απεικονίζονται στο Σχήμα 1.4. Γενικά ο σχεδιασμός κόμβων με περισσότερα από τέσσερα σκέλη δεν ενδείκνυται. Στις περιπτώσεις αυτές οι διασταυρωμένες οδοί γενικά ανάγονται σε τρισκελείς ή τετρασκελείς συνδυασμούς (Σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.3(α,β). Τρισκελής και τετρασκελής ισόπεδος κόμβος.



Σημείωση. Οι διάφορες μορφές ανισόπεδων κόμβων θα αναλυθούν σε επόμενο εδάφιο.
Σχήμα 1.4(α,β). Τρισκελής και τετρασκελής ανισόπεδος κόμβος [1].



Σχήμα 1.5. Τροποποίηση χάραξης σε κόμβο με πάνω από τέσσερα σκέλη [7].

1.2 Αρχές Σχεδιασμού

Οι κόμβοι αποτελούν σημαντικό τμήμα της οδικής υποδομής και κατά συνέπεια στη διαδικασία διαμόρφωσής τους πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να εξασφαλίζεται:

- Ασφάλεια στους χρήστες
Αποτελεί με διαφορά το σημαντικότερο στόχο, ο οποίος επιτυγχάνεται μέσω:
 - έγκαιρης αναγνώρισης, ώστε οι οδηγοί να έχουν επαρκή χρόνο απόφασης για την πραγματοποίηση επιθυμητών ελιγμών (επιβράδυνση, ένταξη στην επιθυμητή λωρίδα κυκλοφορίας, κλπ.)
 - εξασφάλισης των αναγκαίων μηκών ορατότητας για όλους τους χρήστες της οδού
 - επαρκούς εποπτείας του τρόπου λειτουργίας (προτεραιότητες)
 - κατανόησης της μορφής του (θέσεις εισόδου, περιοχές στροφών, κλπ.)
 - κατάλληλης διαμόρφωσης των επιμέρους στοιχείων (ακτίνες στροφών, πλάτη νησίδων, μήκη λωρίδων, κλπ.)
- Επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα
Η κυκλοφοριακή ικανότητα θεωρείται ικανοποιητική όταν για τον εξυπηρετούμενο κυκλοφοριακό φόρτο δεν προκύπτουν μεγάλα χρονικά διαστήματα αναμονής ή κίνησης των οχημάτων με ταχύτητες μικρότερες των αναμενόμενων
- Αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας
Το κόστος λειτουργίας και κατασκευής ενός κόμβου, όπου συμπεριλαμβάνεται και το πρόσθετο κόστος απαλλοτριώσεων, θεωρείται αποδεκτό, όταν για δεδομένο επίπεδο ασφάλειας, κυκλοφοριακής ικανότητας, και προσαρμογής στον περιβάλλοντα χώρο, το σύνολο των δαπανών κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας είναι ελάχιστο.
- Ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο
Η προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο θεωρείται ικανοποιητική όταν η επιβάρυνση στο φυσικό περιβάλλον στην περιοχή επιρροής του κόμβου (ηχορύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση, παρεμπόδιση της υπάρχουσας χρήσης γης, οπτική παρέisdυση) παραμένει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια.

Επιπλέον, καθοριστικός παράγοντας στη διαμόρφωση της διάταξης των κόμβων αποτελεί η κατηγορία των προς σύνδεση οδών σε συνδυασμό με τα επιθυμητά επίπεδα ταχυτήτων, καθώς και ορισμένων επιμέρους περιορισμών οι οποίοι συνοψίζονται στα εξής:

- Ανάγλυφο εδάφους
Το τοπογραφικό ανάγλυφο πιθανόν να αποκλείσει ή να επιβάλλει - υποδείξει κάποια διάταξη η οποία αποδεικνύεται πιο κατάλληλη
- Δυνατότητα σταδιακής ανάπτυξης
Η δυνατότητα αυτή για ορισμένες μορφές κόμβων δεν προσφέρεται

1.3 Τύποι Ελιγμών

Στα σημεία εμπλοκής των κόμβων, δηλαδή στα σημεία συναντήσεως των κυκλοφοριακών κατευθύνσεων, διακρίνονται οι εξής τρεις τύποι ελιγμών [Σχήμα 1.6(α,β,γ)]:

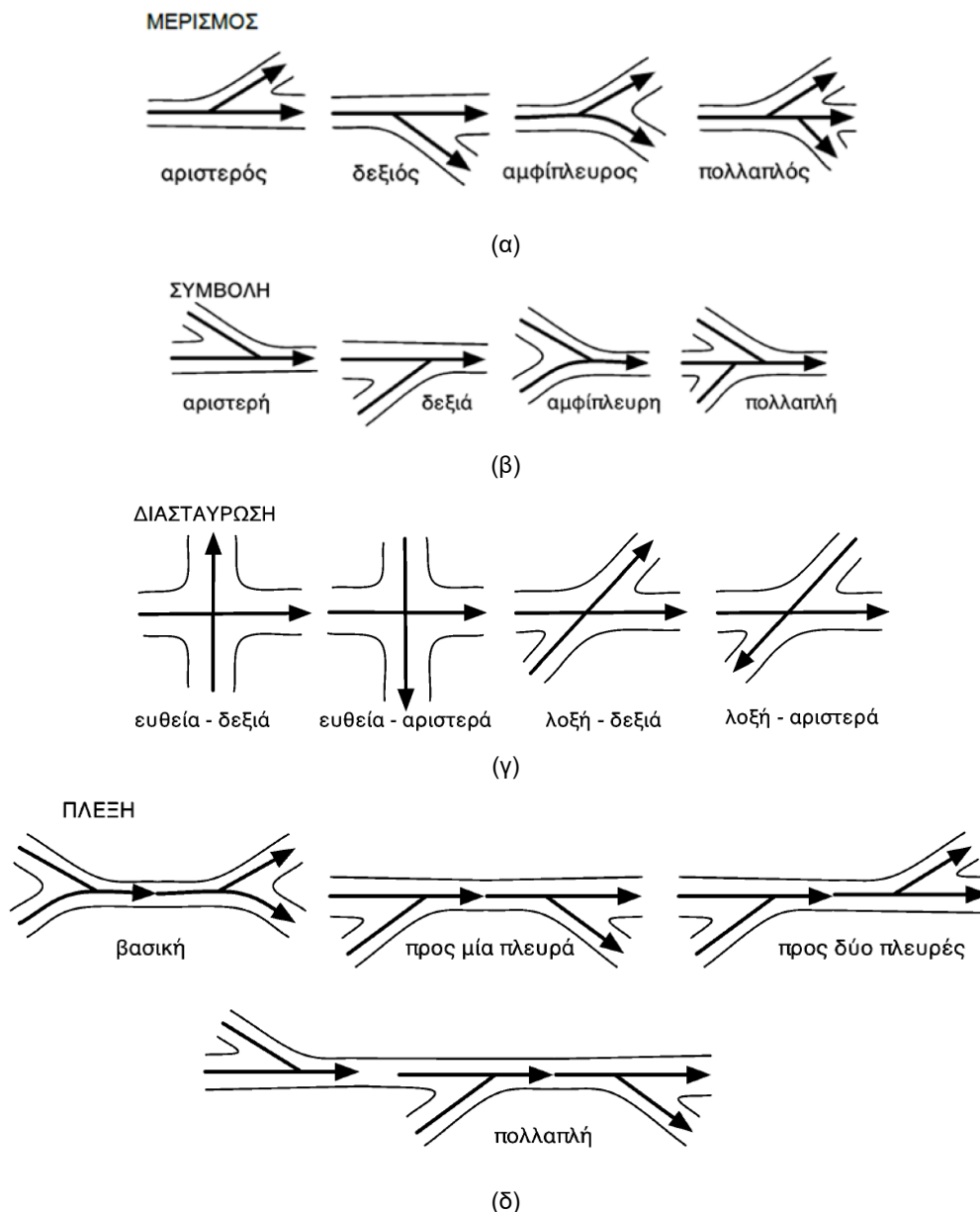
- Μερισμός (diverging)
- Συμβολή (merging)
- Διασταύρωση (crossing)

Επιπλέον των παραπάνω, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες, σε μικρές αποστάσεις, μετά από έναν ελιγμό συμβολής ακολουθεί ένας ελιγμός μερισμού, δημιουργείται ένας κρίσιμος, από άποψη οδικής ασφάλειας, ελιγμός που ονομάζεται πλέξη (weaving). Η πλέξη σε ένα οδικό τμήμα μπορεί να είναι απλή ή πολλαπλή και προκύπτει όταν στην επιφάνεια του πρωτεύοντος οδοστρώματος οι περιοχές εξόδου έπονται των αντίστοιχων εισόδου (Σχήμα 1.6δ). Ένας τρόπος αντιμετώπισης της πλέξης είναι η διάταξη συλλεκτῆριας – κατανεμητῆριας οδού (collector – distributor road) εκτός του οδοστρώματος της κύριας οδού. Περισσότερα στοιχεία για το θέμα αυτό δίδονται παρακάτω.

Όταν συναντώνται μόνο δύο κυκλοφοριακά ρεύματα μίας λωρίδας και μίας κατεύθυνσης, οι ελιγμοί ονομάζονται στοιχειώδεις. Αντίστοιχα, πολλαπλοί ελιγμοί προκύπτουν όταν συναντώνται περισσότερα κυκλοφοριακά ρεύματα μίας λωρίδας και μίας κατεύθυνσης.

Ο αριθμός των σημείων εμπλοκής και το είδος των απαιτούμενων ελιγμών που προκύπτουν κατά περίπτωση εξαρτώνται από τη μορφή του κόμβου (ανισόπεδος – ισόπεδος), τον αριθμό των κλάδων (σκελών) ως προς τη μορφή του, καθώς και τη φορά κίνησης ανά κλάδο (μονόδρομη – αμφίδρομη).

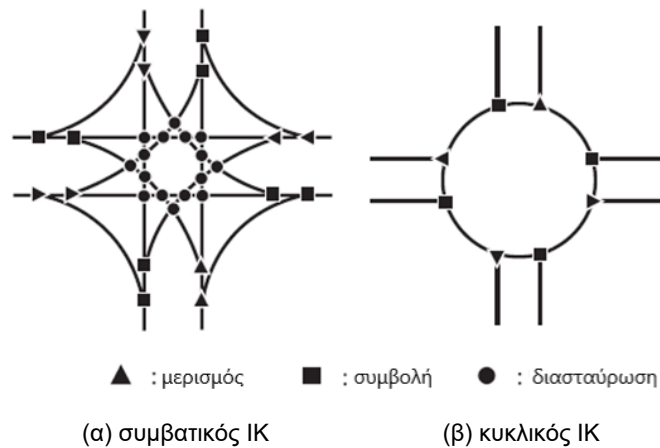
Στο Σχήμα 1.7(α,β) φαίνονται οι δυνατοί ελιγμοί σε δύο διαφορετικές διατάξεις ισόπεδου κόμβου (συμβατικός και κυκλικός αντίστοιχα). Παρατηρώντας το Σχήμα 1.7 πιο προσεκτικά, είναι εμφανές ότι μεταξύ του συμβατικού ισόπεδου κόμβου και του κυκλικού, αν και εξυπηρετούνται οι ίδιες κινήσεις, υπάρχουν συνολικά 32 (16 διασταυρώσεις, 8 μερισμοί και 8 συμβολές) και 8 (4 μερισμοί και 4 συμβολές) ελιγμοί αντίστοιχα. Άξιο αναφοράς είναι επίσης το γεγονός ότι στον κυκλικό κόμβο, πέρα από τον εμφανώς μικρότερο αριθμό συνολικών ελιγμών, δεν υπάρχουν διασταυρώσεις και άρα τα όποια ατυχήματα αναμένεται να έχουν μικρότερη σοβαρότητα. Περισσότερα για το θέμα αυτό δίδονται σε επόμενο εδάφιο.



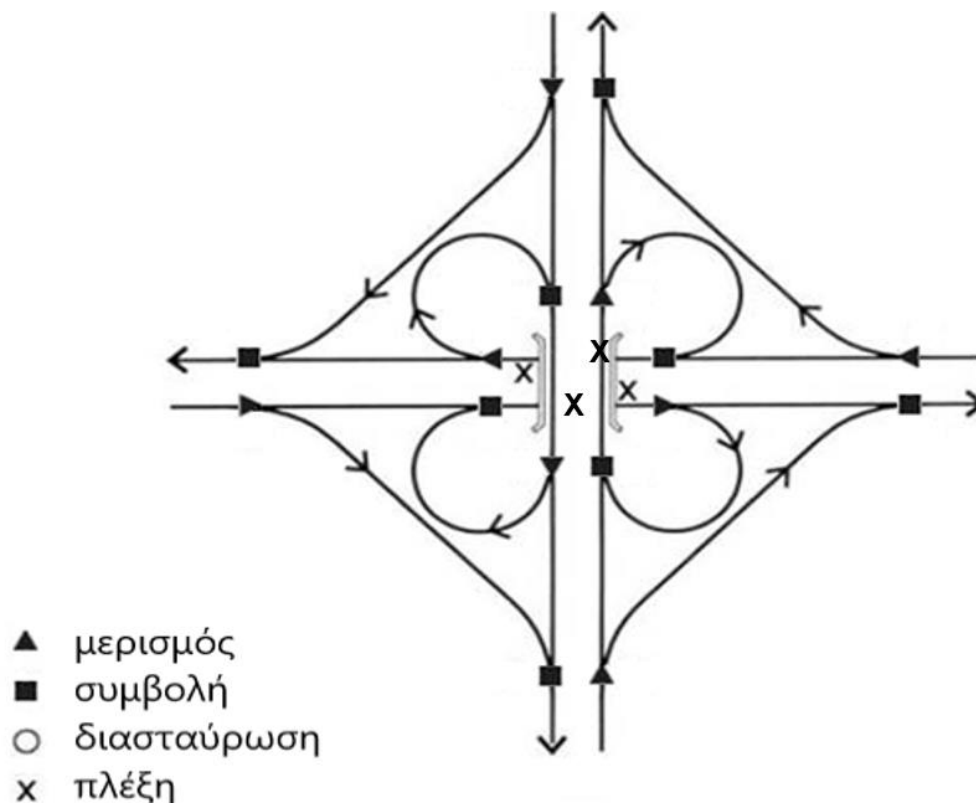
Σχήμα 1.6(α,β,γ,δ). Τύποι ελιγμών σε κόμβους [1].

Στο Σχήμα 1.8 φαίνονται οι αντίστοιχοι ελιγμοί σε συγκεκριμένη μορφή ανισόπεδου κόμβου, όπου η φορά κίνησης στους συνδετήριους κλάδους είναι μιας κατεύθυνσης (μονόδρομη).

Ως γενική παρατήρηση μεταξύ του συμβατικού ισόπεδου κόμβου (Σχήμα 1.7α) και του ανισόπεδου (Σχήμα 1.8), αναφέρεται ότι ενώ στον ισόπεδο κόμβο υπάρχουν ελιγμοί διασταύρωσης αλλά όχι πλέξης, στην περίπτωση του ανισόπεδου κόμβου συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή υπάρχουν ελιγμοί πλέξης αλλά όχι διασταύρωσης.



Σχήμα 1.7(α,β). Ελιγμοί σε διατάξεις ισόπεδων κόμβων [9].



Σημείωση. Οι διάφορες μορφές ανισόπεδων κόμβων θα αναλυθούν σε επόμενο εδάφιο.
Σχήμα 1.8. Ελιγμοί σε διάταξη ανισόπεδου κόμβου [1].

2 ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΟΜΒΩΝ

2.1 Γενικά

Με βάση τις σύγχρονες τάσεις στο σχεδιασμό οδών, όπως αυτές εκφράζονται από τις σχετικά πρόσφατες Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού υπεραστικών οδών (RAL, 2012) και αυτοκινητόδρομων (RAA, 2008), μεταξύ άλλων στόχων (πχ. περιβαλλοντικών, χωροταξικών), δίδεται μεγαλύτερη έμφαση στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας μέσα από την οπτική του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, σε οδούς με κοινά χαρακτηριστικά, επιχειρείται τυποποίηση του σχεδιασμού προκειμένου ο οδηγός να αντιλαμβάνεται καλύτερα το οδικό περιβάλλον με απώτερο στόχο μια κατά το δυνατόν προβλέψιμη και εν γένει ενιαία οδική συμπεριφορά.

Ως αποτέλεσμα, ανάλογα με την επιθυμητή λειτουργία των υπό μελέτη οδών και τη θέση τους ως προς δομημένες περιοχές προκύπτει κατηγοριοποίησή σε συγκεκριμένες τάξεις (κλάσεις) σχεδιασμού από τις οποίες καθορίζονται βασικά χαρακτηριστικά, όπως διατομές, οριακές τιμές στοιχείων μελέτης και ταχύτητες.

Στον Πίνακα 2.1 δίδονται βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ως προς τις κλάσεις σχεδιασμού των υπεραστικών οδών κατά RAL, 2012. Τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά για τους αυτοκινητόδρομους κατά RAA, 2008 δίδονται στον Πίνακα 2.2.

	Κλάση Σχεδιασμού			
	EKL 1	EKL 2	EKL 3	EKL 4
Χαρακτηριστικά Σχεδιασμού	μεγάλες ευθυγραμμίες	ευθυτενής	προσαρμοσμένη στο τοπίο	προσαρμοσμένη στο τοπίο
Μέσο Μήκος (km)	40 - 160	10 - 70	5 - 35	< 35
Κίνηση Ποδηλάτων	εκτός οδού	εκτός οδού ή επί της οδού	επί της οδού	επί της οδού
Ταχύτητα (km/h)	110	100	90	70

Πίνακας 2.1. Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά υπεραστικών οδών κατά RAL 2012 [5].

	Κλάση Σχεδιασμού			
	EKA 1A	EKA 1B	EKA 2	EKA 3
Χαρακτηρισμός	αυτοκινητόδρομος μακρινών αποστάσεων	υπερτοπικός αυτοκινητόδρομος	οδός παρόμοια με αυτοκινητόδρομο	αστικός αυτοκινητόδρομος
Σχέση με Οικιστικό Περιβάλλον	εντός ή εκτός	εντός ή εκτός	εκτός	εντός
Ταχύτητα (km/h)	130	120	100	80

Πίνακας 2.2. Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά αυτοκινητόδρομων κατά RAA 2008 [4].

Οι κόμβοι, επίσης σχεδιάζονται δίδοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των προς σύνδεση οδών. Σε ό,τι αφορά στην επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού μορφής και τύπου κόμβου, δύνανται να υπάρχουν περισσότερες από μία εναλλακτικές λύσεις. Η διαδικασία διερεύνησης και απεικόνισης των εναλλακτικών λύσεων στις περιπτώσεις αυτές, αλλά και γενικότερα για λόγους πληρέστερης εποπτικής παρουσίασης, γίνεται μέσω των λειτουργικών σχημάτων.

Τα λειτουργικά σχήματα δεν περιορίζονται μόνο στην παρουσίαση της μορφής (ανισόπεδος - ισόπεδος) και του τύπου (τρισκελής - τετρασκελής) του κόμβου. Παρέχεται επιπλέον γραμμική απεικόνιση των γεωμετρικών και κυκλοφοριακών ρυθμίσεων ως προς τις δυνατότητες κινήσεων καθώς και των προτεραιοτήτων εισόδου και εξόδου στον κόμβο με βάση σήμανση ή φωτεινή σηματοδότηση. Στην απεικόνιση αυτή περιλαμβάνονται και πρόσθετα στοιχεία, όπως τμήματα εισόδου, εξόδου καθώς και συνδετήριοι κλάδοι όπου απαιτούνται.

Στο σχεδιασμό κόμβων πολύ μεγάλη σημασία επίσης έχει ο καθορισμός της περιοχής επιρροής, εντός της οποίας ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη του κόμβου και προσαρμόζει ανάλογα τη συμπεριφορά του (πχ. αλλαγή λωρίδας, ταχύτητας). Το μήκος της περιοχής επιρροής εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους με κυριότερες την ταχύτητα του οχήματος, το χρόνο αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού αλλά και την εξοικειώσή του με την ευρύτερη περιοχή.

Τέλος, σημαντικό ρόλο έχει και η απόσταση μεταξύ των κόμβων η οποία πρέπει να είναι γενικά μεγάλη αφενός για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας και αφετέρου προκειμένου να διατίθεται το περιθώριο επίτευξης των επιθυμητών ταχυτήτων.

Στα εδάφια που ακολουθούν περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία καθορίζουν τις επιτρεπόμενες μορφές και τύπους κόμβων. Ελλείψει Ελληνικών οδηγιών σχεδιασμού κόμβων, η ανάλυση αφορά κυρίως στις εφαρμοζόμενες Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού (RAL, 2012 και RAA, 2008), αλλά περιλαμβάνονται και στοιχεία από τις αντίστοιχες Αμερικάνικες οδηγίες AASHTO, 2018.

2.2 Κόμβοι σε Υπεραστικές Οδούς

Στις υπεραστικές οδούς οι κόμβοι μπορεί να είναι ανισόπεδοι, συμβατικοί ισόπεδοι ή κυκλικοί.

Αναφορικά με τις αποστάσεις μεταξύ κόμβων, σύμφωνα με τις οδηγίες RAL, 2012, σε ισόπεδους κόμβους υπεραστικών οδών κλάσης EKL 1 θα πρέπει να αποφεύγονται αποστάσεις μικρότερες από 3km ενώ για την κλάση EKL 2 αποστάσεις μικρότερες των 2km αντίστοιχα. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, θα πρέπει να εξετάζεται η περίπτωση ενοποίησης δύο κοντινών κόμβων.

Στον Πίνακα 2.3 απεικονίζονται τα λειτουργικά σχήματα κόμβων σε υπεραστικές οδούς κατά RAL, 2012 και τα οποία αφορούν σε πλήρεις, ημί και μερικώς ανισόπεδους κόμβους, ισόπεδους κόμβους (συμβατικούς – κυκλικούς) και διασταυρώσεις.

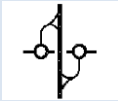
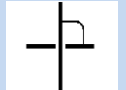
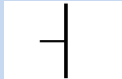
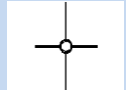
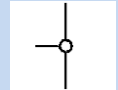
Το πεδίο εφαρμογής των κόμβων σε υπεραστικές οδούς προκύπτει συνδυάζοντας τα λειτουργικά σχήματα και λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα τις κλάσεις σχεδιασμού.

Στον Πίνακα 2.4 δίδεται το πεδίο εφαρμογής για τετρασκελείς κόμβους, ενώ το αντίστοιχο πεδίο εφαρμογής σε τρισκελείς κόμβους δίδεται στον Πίνακα 2.5.

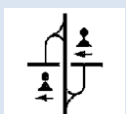
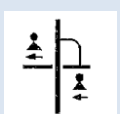
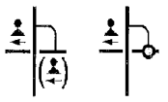
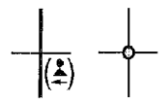
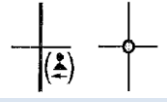
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2.4 και Πίνακα 2.5, στις γερμανικές οδηγίες RAL, 2012 δεν προβλέπεται σύνδεση μεταξύ οδών κλάσης EKL 4 με οδούς κλάσης EKL 1 και EKL 2.

Η εφαρμογή σηματοδότησης είναι συνήθης πρακτική στην περίπτωση κατά την οποία οδός με κλάση σχεδιασμού EKL 1 συνδέεται με οδό κλάσης EKL 2 ή EKL 3, ή οδός κλάσης EKL 2 συνδέεται με ίδιας ή κατώτερης κατηγορίας. Αντίστοιχα, σηματοδότηση δεν απαιτείται γενικά όταν οδός με κλάση σχεδιασμού EKL 3 συνδέεται με οδό ίδιας κατηγορίας ή μικρότερης (EKL 4).

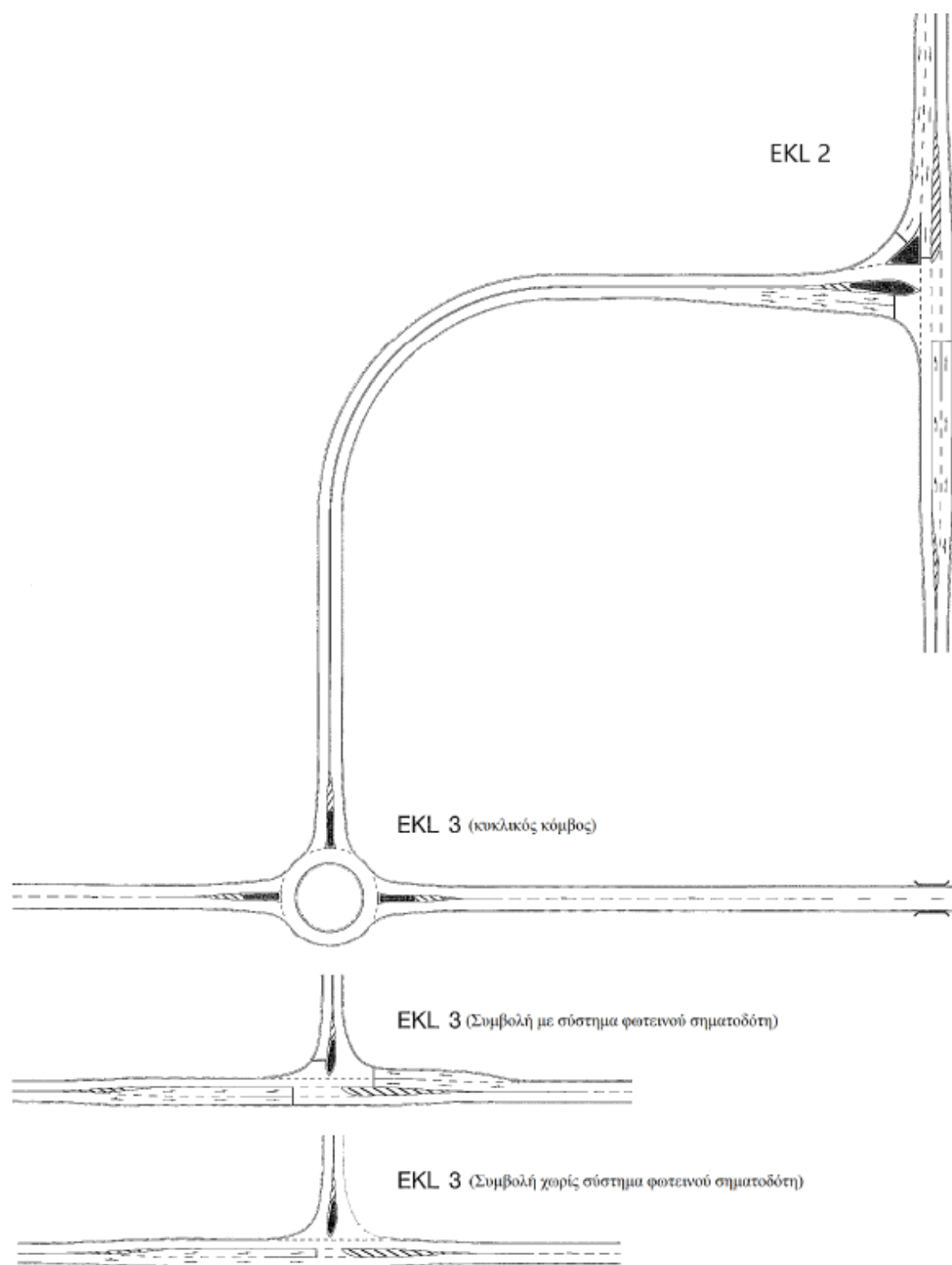
Η μορφή του ισόπεδου κόμβου δύνανται να είναι κυκλική όταν οδός κλάσης σχεδιασμού EKL 3 συνδέεται με οδούς της ίδιας κατηγορίας, ή όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1, της αμέσως ανώτερης (EKL 2) ή κατώτερης κλάσης (EKL 4) αντίστοιχα. Η εφαρμογή τους συνίσταται ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου οι δύο οδοί έχουν παρόμοιους κυκλοφοριακούς φόρτους. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η δευτερεύουσα οδός να παρουσιάζει κυκλοφοριακό φόρτο που να αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 15% και 20% του αντίστοιχου συνολικού σε τρισκελείς και τετρασκελείς κόμβους αντίστοιχα.

	Καθοδήγηση στους Κόμβους		Παραδείγματα	
	Κύρια Οδός	Δευτ. Οδός	(η κύρια οδός απεικονίζεται κάθετα)	
ΑΚ	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο		
Ημι - ΑΚ	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο		
Μερικώς ΑΚ	στρέφουσα κίνηση εισόδου - εξόδου	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο		
ΙΚ				
Τρισκελής Διασταύρωση	στρέφουσα κίνηση εισόδου - εξόδου	στρέφουσα κίνηση εισόδου - εξόδου		
Τετρασκελής Διασταύρωση	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο	είσοδος - έξοδος από τον κόμβο		
Κυκλικός Κόμβος	κυκλικός κόμβος			

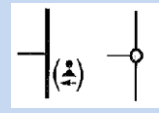
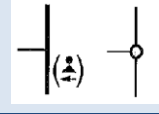
Πίνακας 2.3. Λειτουργικά σχήματα κόμβων σε υπεραστικές οδούς κατά RAL, 2012 [5].

Κύρια Οδός Δευτ. Οδός	EKL 1	EKL 2	EKL 3	EKL 4
EKL 1				σηματοδότηση με προστασία αριστερής στροφής έλεγχος σκοπιμότητας σηματοδότησης η κύρια οδός απεικονίζεται κάθετα προτεραιότητα στην οδό με παχιά γραμμή
EKL 2				
EKL 3				
EKL 4	δεν υπάρχει	δεν συστήνεται		

Πίνακας 2.4. Πεδίο εφαρμογής σε τετρασκελείς κόμβους κατά RAL 2012 [5].



Σχήμα 2.1. Μερικώς ανισόπεδος κόμβος μεταξύ οδών με κλάσεις σχεδιασμού EKL 2 και EKL 3 [5].

Κύρια Οδός Δευτ. Οδός	EKL 1	EKL 2	EKL 3	EKL 4
EKL 1				σηματοδότηση με προστασία αριστερής στροφής έλεγχος σκοπιμότητας σηματοδότησης
EKL 2				η κύρια οδός απεικονίζεται κάθετα
EKL 3				
EKL 4	δεν υπάρχει	δεν συστήνεται		

Πίνακας 2.5. Πεδίο εφαρμογής σε τρισκελείς κόμβους κατά RAL 2012 [5].

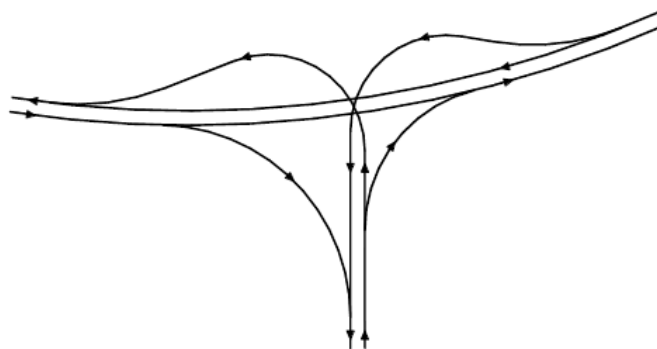
2.3 Κόμβοι σε Αυτοκινητόδρομους

Οι κόμβοι στους αυτοκινητόδρομους είναι ανισόπεδοι. Ανάλογα με τη σημασία των προς σύνδεση οδών, τους φόρτους αλλά και τις επιθυμητές στάθμες ταχυτήτων, οι ΑΚ σε αυτοκινητόδρομους περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα συνδέσεων. Οι συνδέσεις αυτές δύνανται να είναι μεταξύ αυτοκινητόδρομων απ' όπου προκύπτει "Σύστημα" ΑΚ (system interchange) ή μεταξύ αυτοκινητόδρομου (ή οδό ταχείας κυκλοφορίας) με τοπική αρτηρία (ή τοπικές αρτηρίες) απ' όπου προκύπτει ΑΚ "Εξυπηρέτησης" (service interchange). Οι ΑΚ "Εξυπηρέτησης" μπορεί να είναι και ημι-κόμβος.

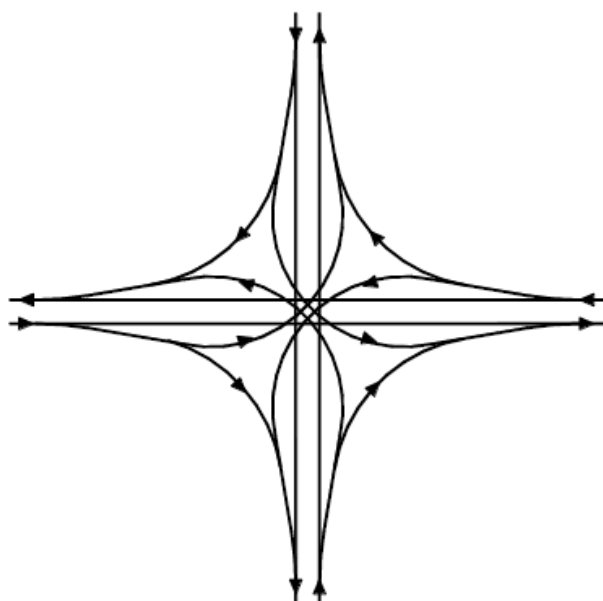
Στο "Σύστημα" ΑΚ οι συνδετήριοι κλάδοι σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα εξυπηρέτησης αυξημένων κυκλοφοριακών φόρτων αλλά και διατήρησης υψηλότερων τιμών στις ταχύτητες, ενώ ταυτόχρονα δεν εφαρμόζονται διατάξεις όπου προκύπτουν ισόπεδες διασταυρώσεις ή περιοχές με πλέξεις. Ως αποτέλεσμα, ο συνολικός σχεδιασμός περιλαμβάνει κατά κανόνα κατευθυντήριους (directional) και ημι-κατευθυντήριους (semi-directional) συνδετήριους κλάδους για την εξυπηρέτηση των δεξιόστροφων και αριστερόστροφων κινήσεων αντίστοιχα. Τα λειτουργικά σχήματα τυπικής τρισκελούς και τετρασκελούς διάταξης σε "Σύστημα" ΑΚ, φαίνονται στο Σχήμα 2.2(α,β).

Στο Σχήμα 2.3(α,β,γ) φαίνονται τα λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ "Εξυπηρέτησης". Με εξαίρεση τον ΑΚ μορφής "διαμάντι" όπου οι συνδέσεις είναι ισόπεδες, οι ΑΚ "Εξυπηρέτησης" αίρουν τις συνθήκες υποχρεωτικής στάσης με έμμεσες συνδέσεις, δηλαδή συνδετήριους κλάδους με τόξα έντονης καμπυλότητας (βρόγχοι), όπου ως αποτέλεσμα, η κυκλοφορία των οχημάτων είναι συνεχής έστω και με χαμηλότερες ταχύτητες.

Επισημαίνεται ότι κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης της διάταξης σε ΑΚ υπό σχεδιασμό, ανάλογα με τις ανάγκες εξυπηρέτησης, γενικά υπάρχει δυνατότητα τροποποίησης ή ακόμα και παράλειψης ορισμένων συνδετήριων κλάδων. Οι παραλλαγές ΑΚ που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στις περιπτώσεις ΑΚ "Εξυπηρέτησης" όσο και σε "Σύστημα" ΑΚ. Οι πιο συνήθεις από αυτές τις παραλλαγές αναλύονται στη συνέχεια.

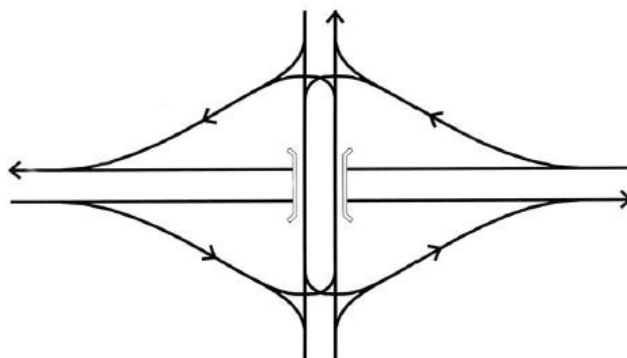


(α) τρισκελής κατευθυντήριος ΑΚ

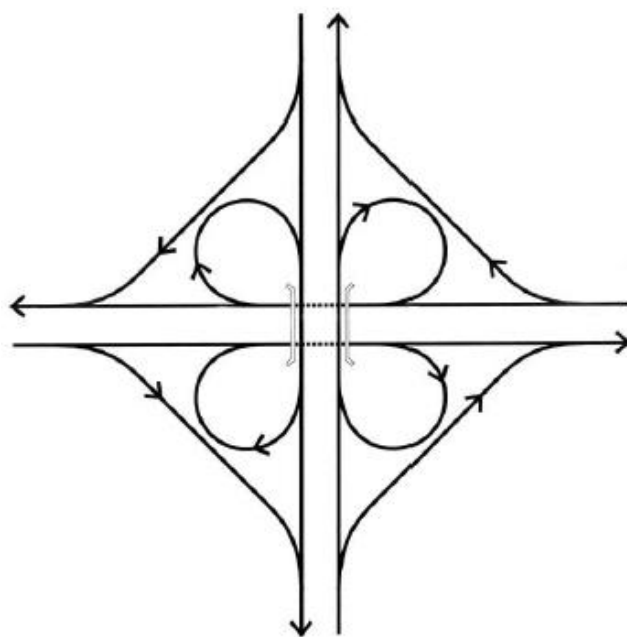


(β) τετρασκελής κατευθυντήριος ΑΚ

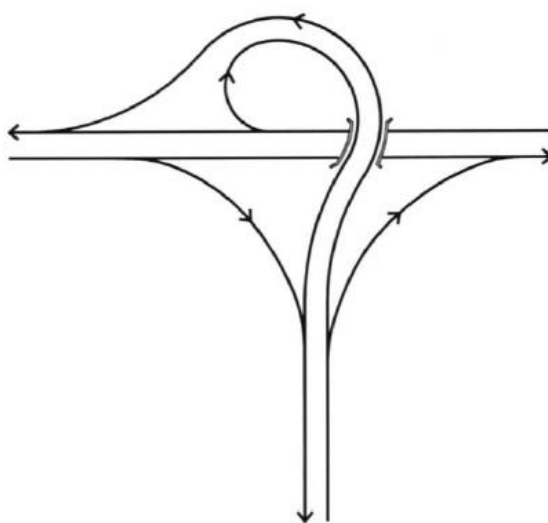
Σχήμα 2.2(α,β). Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων σε “Σύστημα” ΑΚ [1].



(α) ΑΚ μορφής "διαμάντι"



(β) ΑΚ μορφής "τριφύλλι"



(γ) ΑΚ μορφής "σάλπιγγα"

Σχήμα 2.3(α,β,γ). Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ "Εξυπηρέτησης" [1].

3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

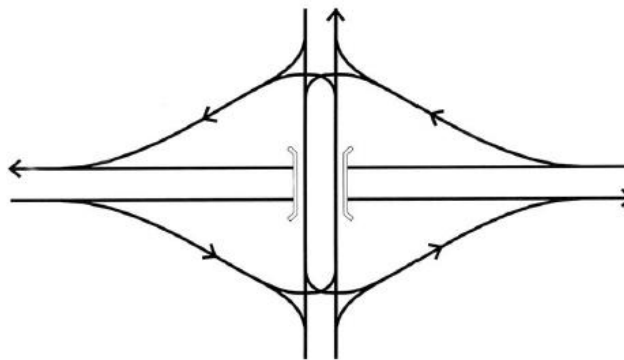
3.1 Τετρασκελείς Ανισόπεδοι Κόμβοι

Στα εδάφια που ακολουθούν εξετάζονται οι συνηθέστερες διατάξεις και παραλλαγές τετρασκελών ανισόπεδων κόμβων.

3.1.1 ΑΚ Μορφής “Διαμάντι”

Αποτελεί την απλούστερη μορφή τετρασκελούς ΑΚ. Εφαρμόζεται κυρίως σε αστικές περιοχές δεδομένου του περιορισμένου σχετικά εύρους κατάληψης που παρουσιάζει. Η κυκλοφορία επί των τεσσάρων συνδετήριων κλάδων, οι οποίοι είναι μονής κατεύθυνσης, γενικά είναι άνετη ως προς τις αναπτυσσόμενες ταχύτητες.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα του ΑΚ μορφής “διαμάντι” είναι οι ισόπεδες διασταυρώσεις με τη δευτερεύουσα οδό, οι οποίες στις περιπτώσεις αυξημένων αριστερόστροφων κινήσεων από και προς τους συνδετήριους κλάδους, ή υψηλών φόρτων επί της δευτερεύουσας οδού πρέπει να είναι σηματοδοτούμενες (Σχήμα 3.1). Οι φάσεις σηματοδότησης στην τυπική αυτή διάταξη είναι 4.

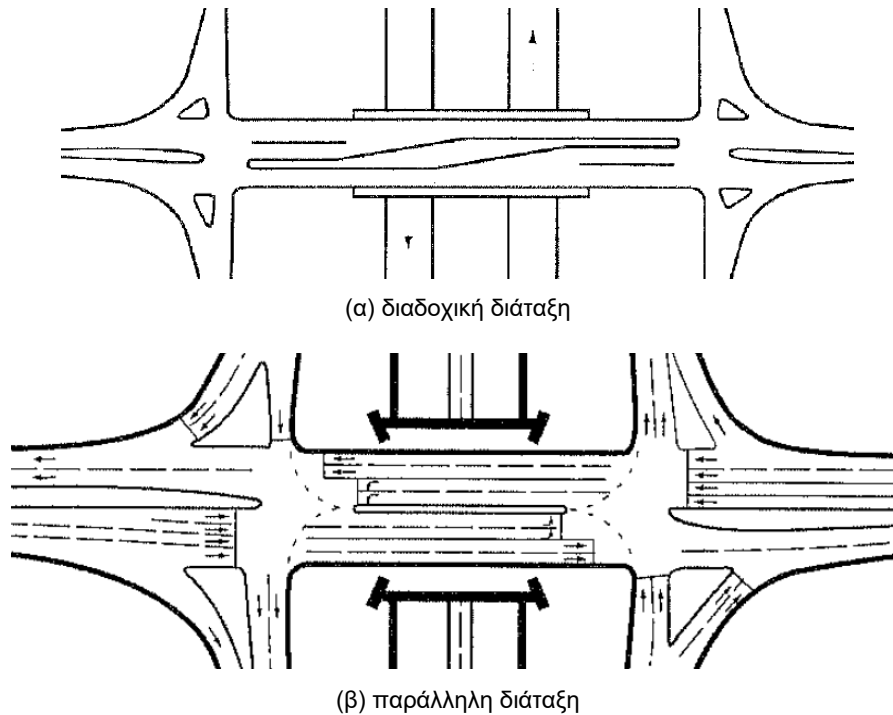


Σχήμα 3.1. ΑΚ μορφής “διαμάντι” [1].

Στη γενική μορφή του ΑΚ μορφής “διαμάντι” (Σχήμα 3.1), υπό προϋποθέσεις (πχ. ύπαρξη εναλλακτικών συνδέσεων, ανάγλυφο εδάφους, κλπ.), είναι δυνατή η παράλειψη σχεδιασμού των δύο απέναντι συνδετήριων κλάδων. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει ημι-κόμβος είτε εξόδου – εισόδου (παράλειψη του δεξιού ζεύγους απέναντι συνδετήριων κλάδων) από και προς, είτε εισόδου – εξόδου (παράλειψη του αριστερού ζεύγους απέναντι συνδετήριων κλάδων) προς και από, την κύρια αρτηρία αντίστοιχα.

Η απόσταση μεταξύ των ισόπεδων κόμβων επί της δευτερεύουσας οδού, πρέπει γενικά να είναι μεγαλύτερη των 200m προκειμένου να παρέχονται τα αναγκαία μήκη ορατότητας από τις υψομετρικές διαμορφώσεις.

Στο Σχήμα 3.2 απεικονίζεται τμήμα του λειτουργικού σχήματος τυπικής μορφής ΑΚ τύπου “διαμάντι”, όπου η διάταξη των αριστερόστροφων κινήσεων εισόδου στην κύρια οδό είναι διατεταγμένες διαδοχικά (Σχήμα 3.2α) και παράλληλα (Σχήμα 3.2β) αντίστοιχα. Θεωρώντας ότι και στις δύο περιπτώσεις η απόσταση των συνδετήριων κλάδων παραμένει σταθερή, προφανώς η παράλληλη διάταξη υπερτερεί λειτουργικά. Γενικά, για τους ίδιους φόρτους αριστερόστροφων κινήσεων, η παράλληλη διάταξη επιτρέπει το σχεδιασμό των συνδετήριων κλάδων σε κοντινότερες αποστάσεις και άρα απαιτούνται μικρότερες απαλλοτριώσεις, δηλαδή μικρότερο κόστος κατασκευής. Βέβαια, η εκτίμηση του μικρότερου κόστους κατασκευής στην περίπτωση αυτή είναι σχετική, καθώς απαιτείται μεγαλύτερο τεχνικό έργο. Σε κάθε περίπτωση όμως, η παραλλαγή που φαίνεται στο Σχήμα 3.2β, η οποία ονομάζεται “στενό αστικό διαμάντι” [tight urban diamond interchange (TUDI)] θεωρείται ιδανική λύση σε αστικό περιβάλλον με στενότητα χώρου. Στην περίπτωση αυτή η απόσταση μεταξύ των ισόπεδων κόμβων επί της δευτερεύουσας οδού είναι μεταξύ 75m – 90m.



Σχήμα 3.2(α,β). Διαδοχική και παράλληλη διάταξη αριστερόστροφων κινήσεων σε ΑΚ μορφής “διαμάντι” [7].

Στις περιπτώσεις χωροθέτησης ΑΚ μορφής “διαμάντι” σε αστικές περιοχές με υψηλούς φόρτους, εφαρμόζονται γενικά διάφορες παραλλαγές των διατάξεων που απεικονίζονται στο Σχήμα 3.2. Οι παραλλαγές αυτές έχουν ως βασικό στόχο την απομείωση των σημείων διασταύρωσης των αριστερόστροφων κινήσεων επί της δευτερεύουσας οδού. Τόσο στο Σχήμα 3.2α, όσο και στο Σχήμα 3.2β, τα σημεία αυτά είναι δύο.

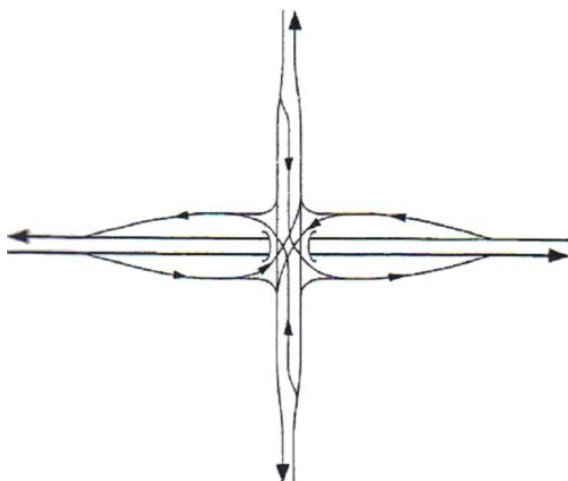
Στο Σχήμα 3.3 φαίνεται παραλλαγή ΑΚ μορφής “διαμάντι” με ένα σημείο διασταύρωσης, η οποία εφαρμόζεται εκτός από αστικούς και σε υπεραστικούς κόμβους. Σε ό,τι αφορά στο τεχνικό έργο, παρότι μια τέτοια λύση παρουσιάζει υψηλό κόστος κατασκευής, εντούτοις πλεονεκτεί έναντι της συμβατικής διάταξης καθώς περιορίζεται ο χώρος κατάληψης του ΑΚ γεγονός που ενδεχομένως δύναται να μειώσει το συνολικό κόστος κατασκευής, ιδιαίτερα εντός αστικών περιοχών. Από λειτουργικής άποψης, δεδομένου ότι οι αντίθετες αριστερές στροφές εισόδου και εξόδου αντίστοιχα διεξάγονται ταυτόχρονα, ο συνεπαγόμενος περιορισμός των υπόψη σημείων διασταύρωσης έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη βελτίωση στην κυκλοφοριακή ικανότητα καθώς:

- Απαιτούνται πλέον 3 φάσεις σηματοδότησης έναντι 4 φάσεων στη συμβατική διάταξη
- Οι ακτίνες των αριστερόστροφων κινήσεων είναι πιο μεγάλες με αποτέλεσμα τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων
- Παρατηρούνται μικρότερες συνολικά καθυστερήσεις

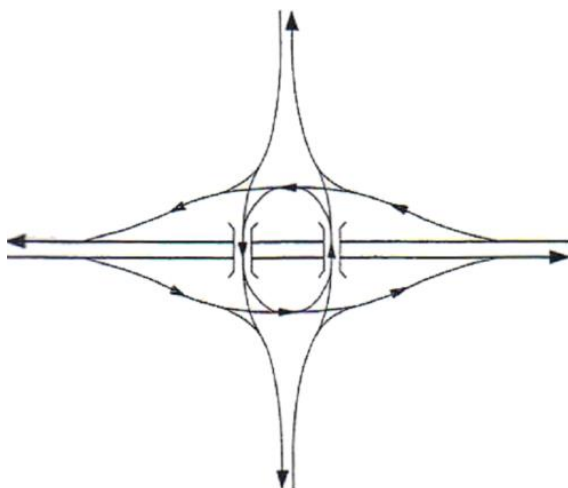
Μια άλλη παραλλαγή του συμβατικού ΑΚ μορφής “διαμάντι” είναι αυτή στην οποία εφαρμόζεται διευρυμένη περιοχή σηματοδοτούμενης διασταύρωσης με δύο τεχνικά έργα μονόδρομης κυκλοφορίας (Σχήμα 3.4). Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της διάταξης, πέρα από το περιορισμένο σχετικά εύρος κατάληψης αποτελεί η απαίτηση μόνο δύο φάσεων σηματοδότησης. Κατά συνέπεια, η εφαρμογή της διάταξης με διευρυμένη περιοχή σηματοδοτούμενης διασταύρωσης είναι ιδιαίτερα αποδοτική στις περιπτώσεις κόμβων που εξυπηρετούν υψηλούς φόρτους σε συνθήκες σχετικά περιορισμένου χώρου. Η απόσταση μεταξύ των ισόπεδων κόμβων επί της δευτερεύουσας οδού, στην περίπτωση αυτή γενικά κυμαίνεται μεταξύ 90m – 120m.

Ενδιαφέρον, από κυκλοφοριακής άποψης και όχι μόνο, παρουσιάζει ακόμα μία παραλλαγή του ΑΚ μορφής “διαμάντι”, για την οποία η σηματοδότηση εφαρμόζεται πάλι σε δύο φάσεις. Η παραλλαγή αυτή βελτιώνει σημαντικά την κυκλοφοριακή ικανότητα στον ΑΚ χωρίς να παρουσιάζει ιδιαίτερα διευρυμένη διάταξη και ονομάζεται “αποκλίνον διαμάντι” [diverging diamond interchange (DDI)] (Σχήμα 3.5). Το χαρακτηριστικό γνώρισμα μιας τέτοιας μορφής ΑΚ αποτελεί το γεγονός ότι οι αντίθετες κυκλοφοριακές ροές επί της δευτερεύουσας οδού διασταυρώνονται στην περιοχή πριν το τεχνικό, όπου ως

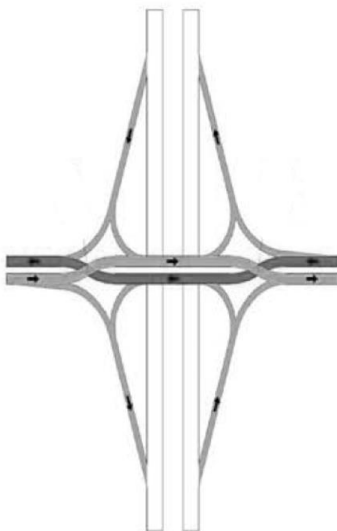
αποτέλεσμα, στις αριστερές στροφές εξόδου και εισόδου από και προς την κύρια αρτηρία εξαλείφονται οι διασταυρώσεις.



Σχήμα 3.3. Λειτουργικό σχήμα παραλλαγής ΑΚ μορφής “διαμάντι” με ένα σημείο διασταύρωσης [4].

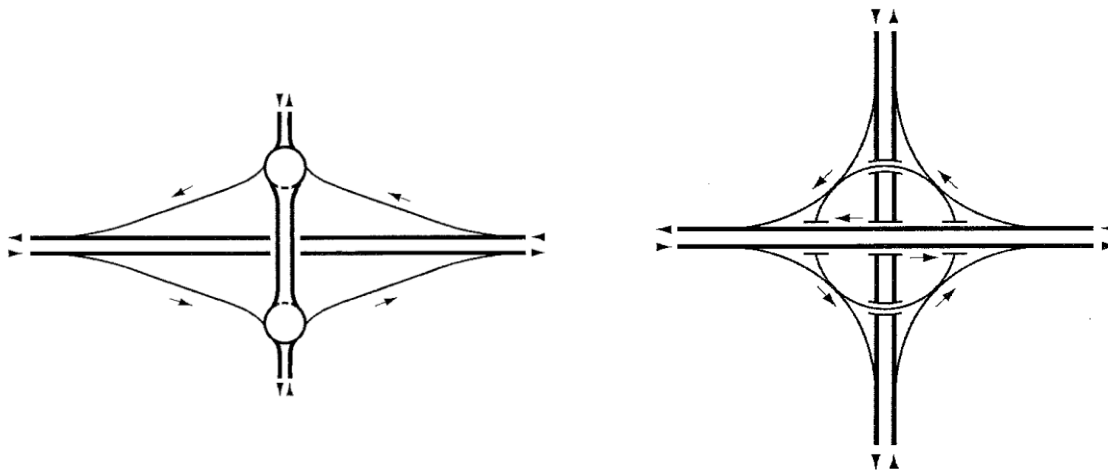


Σχήμα 3.4. Λειτουργικό σχήμα παραλλαγής ΑΚ μορφής “διαμάντι” με διευρυμένη περιοχή διασταύρωσης [4].



Σχήμα 3.5. Λειτουργικό σχήμα παραλλαγής ΑΚ μορφής “αποκλίνον διαμάντι” [30].

Οι ΑΚ μορφής “διαμάντι” συνδυάζονται και με κυκλικούς κόμβους [Σχήμα 3.6(α,β)]. Στο Σχήμα 3.6α φαίνεται διάταξη όπου οι ισόπεδες διασταυρώσεις διευθετούνται μέσω δύο κυκλικών κόμβων, η οποία εφαρμόζεται σε υπεραστικό περιβάλλον κυρίως, δεδομένου του αυξημένου εύρους κατάληψης. Στις περιπτώσεις διαχείρισης αυξημένων φόρτων σε αστικό περιβάλλον, μια ικανοποιητική παραλλαγή απεικονίζεται στο Σχήμα 3.6β, η οποία λειτουργεί σε τρία επίπεδα και προφανώς συνοδεύεται από αυξημένο κόστος κατασκευής.



(α) “διαμάντι” με δύο κυκλικούς κόμβους

(β) “διαμάντι” με κυκλικό κόμβο σε τρία επίπεδα

Σχήμα 3.6(α,β). Λειτουργικά σχήματα παραλλαγής ΑΚ μορφής “διαμάντι” με κυκλικό κόμβο [7].

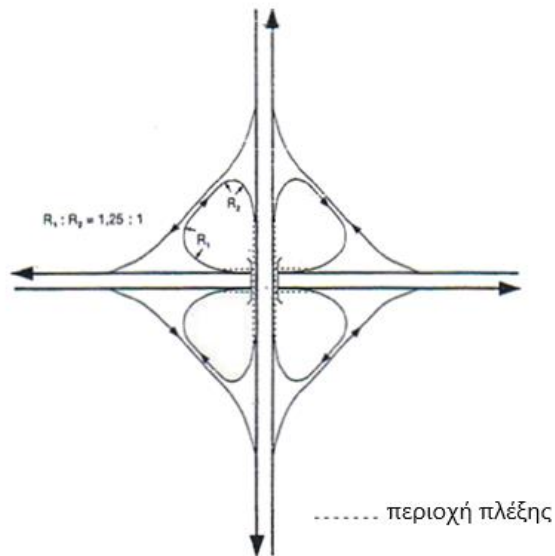
3.1.2 ΑΚ Μορφής “Τριφύλλι”

Ο ΑΚ μορφής “τριφύλλι” συναντάται σε διάφορες επιμέρους παραλλαγές. Η πιο συνήθης είναι ο ΑΚ μορφής “πλήρους τετράφυλλου” όπου σε κάθε τεταρτημόριο προβλέπεται ένας κατευθυντήριος συνδετήριος κλάδος εξόδου (εισόδου) και ένας βρόγχος εισόδου (εξόδου) αντίστοιχα. Το βασικό χαρακτηριστικό του ΑΚ μορφής “πλήρους τετράφυλλου” είναι ότι αποτελεί το μόνο ανισόπεδο κόμβο με ένα τεχνικό έργο που δεν παρουσιάζει διασταυρώσεις. Όλες οι αριστερές στροφές πραγματοποιούνται με βρόχους.

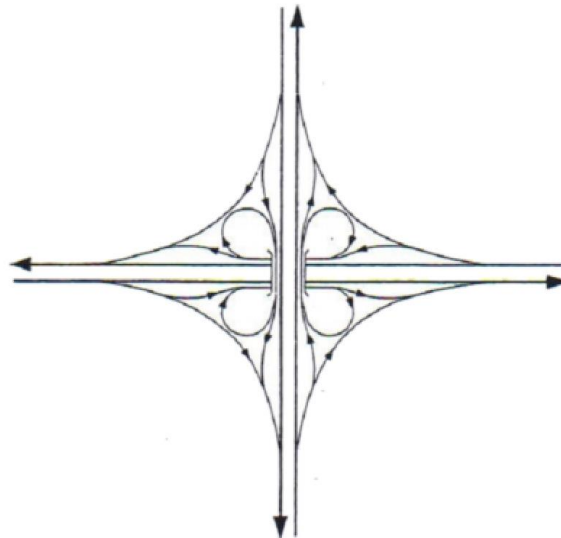
Το βασικό μειονέκτημα του ΑΚ μορφής “πλήρους τετράφυλλου”, πέρα από την πρόσθετη απόσταση που πρέπει να διανυθεί για την αριστερά στρέφουσα κυκλοφορία και τη σχετικά μεγάλη απαίτηση σε επιφάνειες προς απαλλοτρίωση, είναι οι ελιγμοί πλέξης, με την έννοια του μικρού κατά κανόνα διαθέσιμου μήκους στις 4 περιοχές πλέξης (Σχήμα 3.7α).

Το ζήτημα του μήκους πλέξης αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά στις περισσότερες περιπτώσεις με διάταξη ικανού μήκους συλλεκτήριας – κατανεμητήριας οδού, εκτός του κύριου οδοστρώματος και πριν από το τεχνικό έργο ώστε αφενός να αυξηθεί το διαθέσιμο μήκος διαχείρισης της πλέξης και αφετέρου να μειωθούν οι ταχύτητες των οχημάτων (Σχήμα 3.7β). Περισσότερα στοιχεία αναφορικά με απαιτούμενο μήκος διαχείρισης ελιγμών πλέξης δίδονται σε επόμενο εδάφιο. Το μειονέκτημα στη λύση αυτή, η οποία γενικά είναι επιβεβλημένη, είναι το πρόσθετο κόστος που προκύπτει από την επαύξηση της επιφάνειας του τεχνικού έργου.

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το μήκος της συλλεκτήριας – κατανεμητήριας οδού δεν είναι επαρκές προκειμένου να αντιμετωπιστεί η πλέξη σε κάποια από τις 4 περιοχές (Σχήμα 3.7α), ή αν οι φόρτοι κάποιας στρέφουσας κίνησης είναι υψηλοί, ή ακόμα όταν επιβάλλεται από τις τοπικές συνθήκες (περιορισμοί από περιβάλλον, δόμηση, κλπ.), προβλέπεται ο σχεδιασμός ενός ή δύο ημι-κατευθυντήριων συνδετήριων κλάδων προς αντικατάσταση αντίστοιχων βρόγχων [Σχήμα 3.8(α,β,γ)].



(α) “πλήρες τετράφυλλο” χωρίς συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό



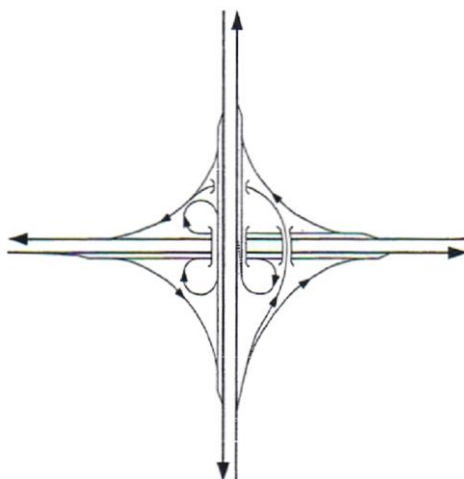
(β) “πλήρες τετράφυλλο” με συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό

Σχήμα 3.7(α,β). Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “πλήρους τετράφυλλου” με και χωρίς συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό [4].

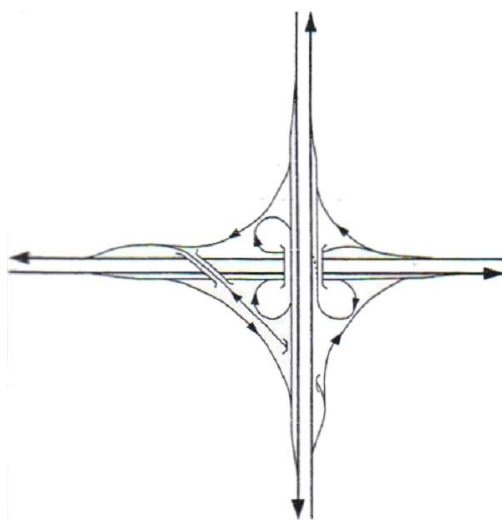
Σε ό,τι αφορά στα 4 αρχικά τμήματα πλέξης, με το σχεδιασμό ενός ημι-κατευθυντήριου συνδετήριου κλάδου καταργούνται 2 τμήματα πλέξης [Σχήμα 3.8(α,β)], ενώ όταν προβλέπονται 2 ημι-κατευθυντήριοι συνδετήριοι κλάδοι δεν υπάρχουν πλέον τμήματα πλέξης και άρα δεν απαιτείται πουθενά συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδός (Σχήμα 3.8γ).

Αν και με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται σημαντικά η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής (περισσότερο ενιαίες τιμές ταχυτήτων), το βασικό μειονέκτημα, πέρα από τη μεγαλύτερη επιφάνεια κατάληψης, είναι η αναγκαιότητα δύο επιπλέον τεχνικών έργων ανά ημι-κατευθυντήριο κλάδο.

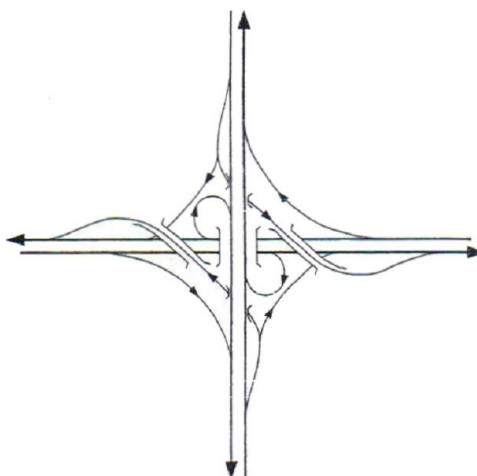
Παραλλαγή του ΑΚ μορφής “πλήρες τετράφυλλο” είναι το “μερικό τετράφυλλο”, όπου αν και εξυπηρετούνται όλες οι κινήσεις, οι βρόγχοι αναπτύσσονται κατά κανόνα σε 2 ή 3 τεταρτημόρια και επομένως υπάρχει κατ’ελάχιστον μία διασταύρωση. Το “μερικό τετράφυλλο”, ανάλογα με τον αριθμό των τεταρτημορίων που καταλαμβάνει (2, 3 ή 4) και ανάλογα με τη θέση του τεχνικού πριν (in Advance) ή μετά (Beyond) το βρόγχο μπορεί να είναι τύπου Α [Σχήμα 3.9(α,β,γ)], τύπου Β [Σχήμα 3.10(α,β,γ)] ή τύπου ΑΒ (ΒΑ) [Σχήμα 3.11(α,β,γ)].



(α) ένας ημι-κατευθυντήριος συνδετήριος κλάδος (μετά το τεχνικό έργο)

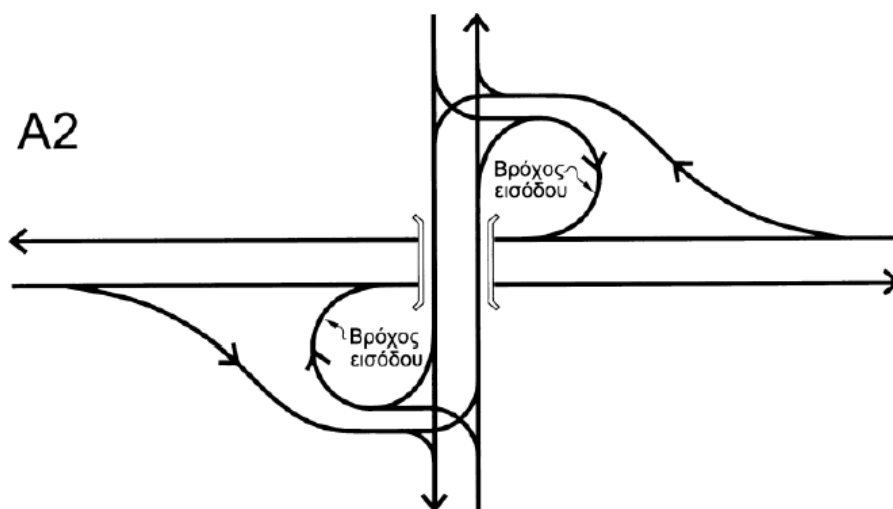


(β) ένας ημι-κατευθυντήριος συνδετήριος κλάδος (πριν το τεχνικό έργο)

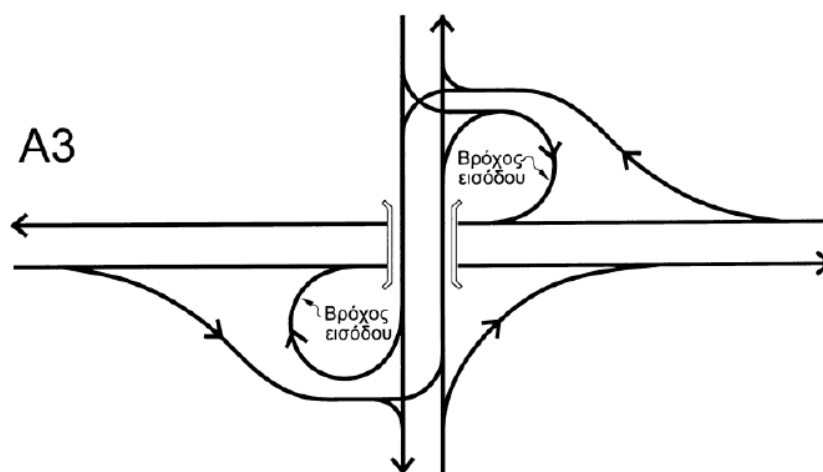


(γ) δύο παράλληλοι ημι-κατευθυντήριοι συνδετήριοι κλάδοι

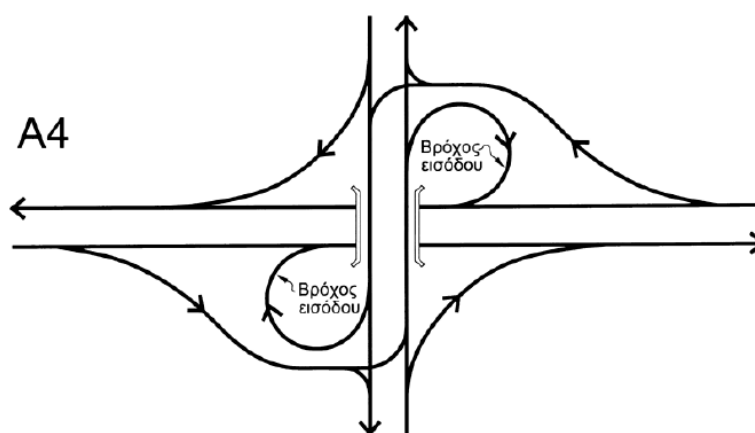
Σχήμα 3.8(α,β,γ). Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “τριφύλλι” με ημι-κατευθυντήριους συνδετήριους κλάδους [7].



(α) τύπος A2: αναπτύσσεται σε 2 τεταρτημόρια

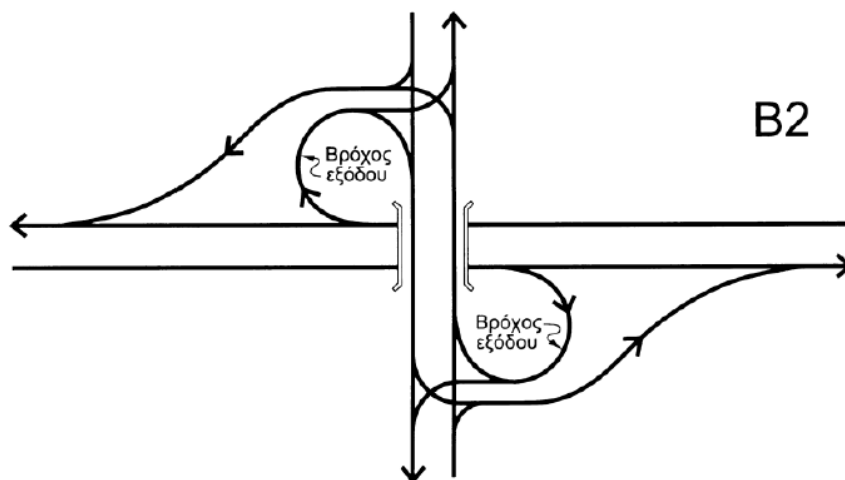


(β) τύπος A3: αναπτύσσεται σε 3 τεταρτημόρια

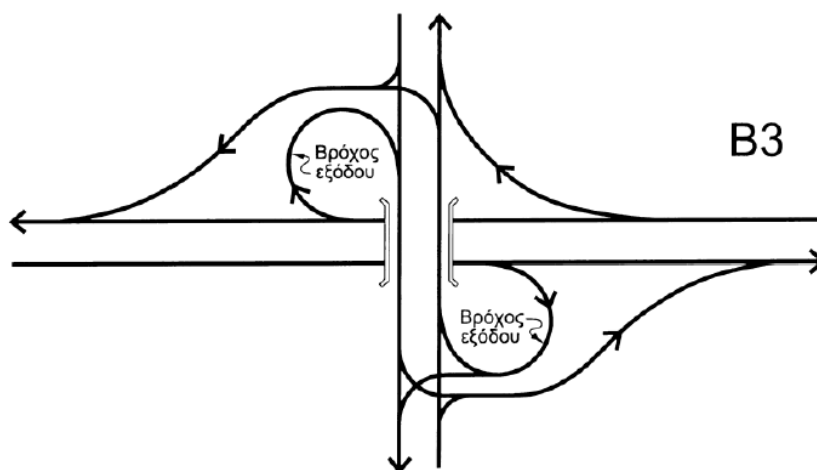


(γ) τύπος A4: αναπτύσσεται σε 4 τεταρτημόρια

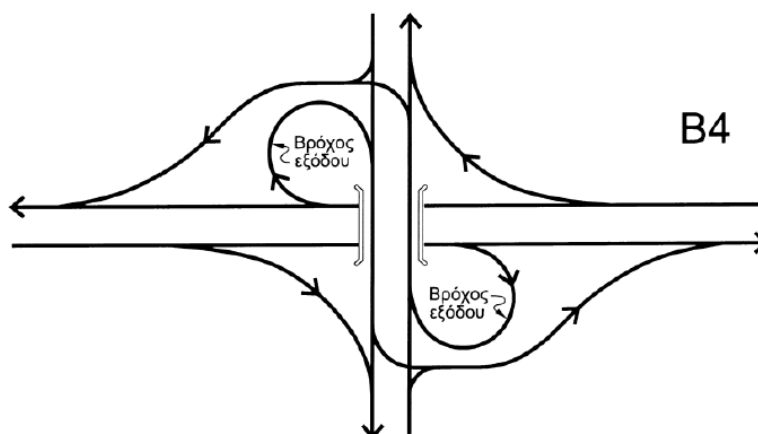
Σχήμα 3.9(α,β,γ). Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “μερικό τετράφυλλο” τύπου Α [1].



(α) τύπος Β2: αναπτύσσεται σε 2 τεταρτημόρια

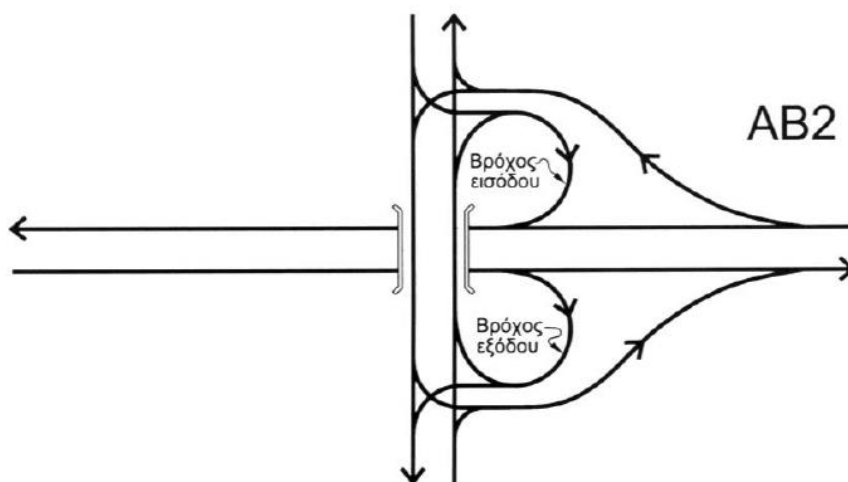


(β) τύπος Β3: αναπτύσσεται σε 3 τεταρτημόρια

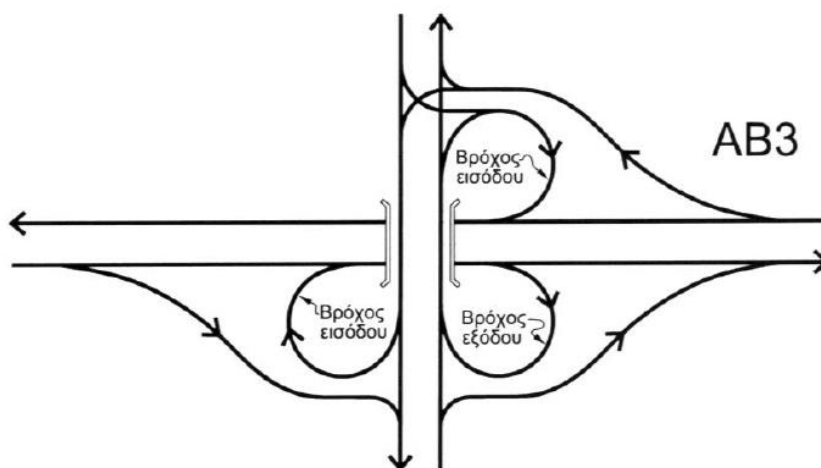


(γ) τύπος Β4: αναπτύσσεται σε 4 τεταρτημόρια

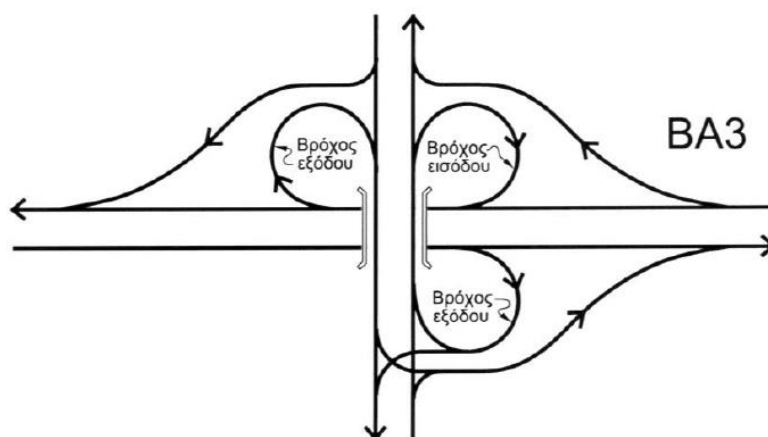
Σχήμα 3.10(α,β,γ). Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “μερικό τετράφυλλο” τύπου Β [1].



(α) τύπος AB2: αναπτύσσεται σε 2 τεταρτημόρια



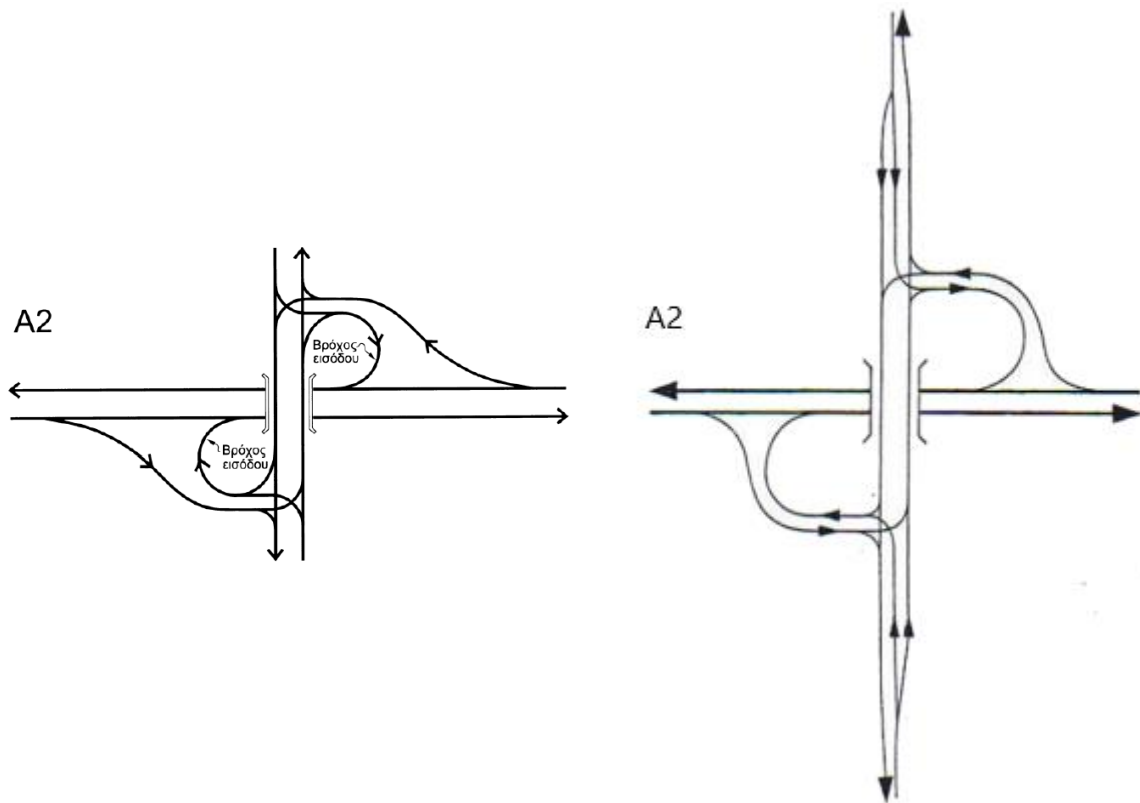
(β) τύπος AB3: αναπτύσσεται σε 3 τεταρτημόρια



(γ) τύπος BA3: αναπτύσσεται σε 3 τεταρτημόρια

Σχήμα 3.11(α,β,γ). Λειτουργικά σχήματα ΑΚ μορφής “μερικό τετράφυλλο” τύπου AB [1].

Στους παραπάνω ΑΚ μορφής “μερικό τετράφυλλο” που αναπτύσσονται σε 2 τεταρτημόρια, δηλαδή στους τύπους Α2, Β2 και ΑΒ2 είναι δυνατό, υπό συνθήκες, οι κατευθυντήριοι συνδετήριοι κλάδοι εξόδου (περίπτωση Α2), εισόδου (περίπτωση Β2) και εξόδου– εισόδου (περίπτωση ΑΒ2), να αντικατασταθούν με συνδετήριους κλάδους έμμεσης μορφής (πιο έντονης καμπυλότητας). Στο Σχήμα 3.12 φαίνεται η υπόψη παραλλαγή στον τύπο Α2.



(α) κατευθυντήριοι συνδετήριοι κλάδοι εξόδου

(β) συνδετήριος κλάδος εξόδου έμμεσης μορφής

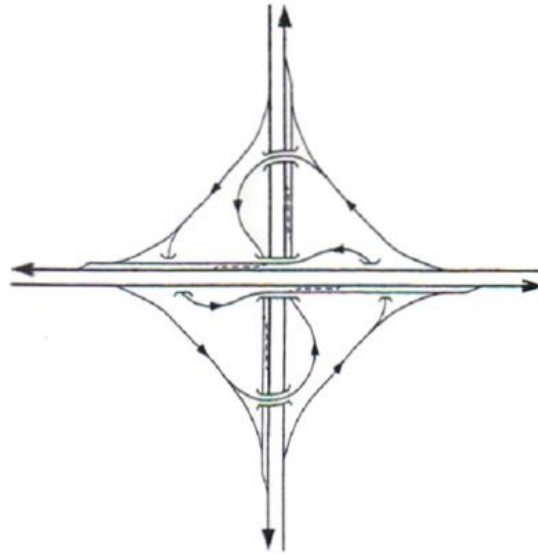
Σχήμα 3.12(α,β). ΑΚ μορφής “μερικό τετράφυλλο” τύπου Α2 με κατευθυντήριο και έμμεσης μορφής κλάδο εξόδου [1], [4].

3.1.3 ΑΚ Διασταύρωσης Αυτοκινητόδρομων

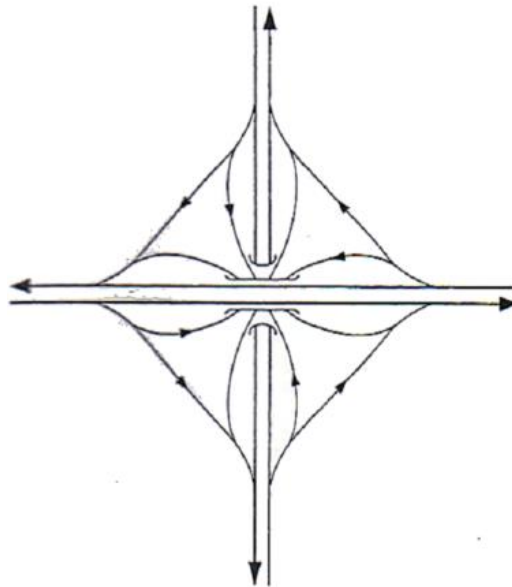
Κατά τη διασταύρωση αυτοκινητόδρομων (σύστημα ΑΚ), κατά κανόνα εφαρμόζονται διαμορφώσεις με άμεσες συνδέσεις διαμέσου κατευθυντήριων και ημι-κατευθυντήριων συνδετήριων κλάδων. Ο σχεδιασμός βρόγχων γενικά αποφεύγεται εκτός και αν προβλέπεται η εξυπηρέτηση χαμηλών φόρτων. Γενικά εφαρμόζονται 2 μορφές ΑΚ, στις οποίες προφανώς δεν παρατηρούνται τμήματα πλέξης.

Ο ΑΚ μορφής “ανεμόμυλος” ή παραλλαγές αυτού με βρόγχους, προτιμάται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχουν περιορισμοί ως προς τη διαθέσιμη επιφάνεια προς κατάληψη (Σχήμα 3.13α). Δεδομένου ότι οι ημι-κατευθυντήριοι συνδετήριοι κλάδοι σχεδιάζονται με τόξα σχετικά αυξημένης καμπυλότητας τόσο στην οριζοντιογραφία, όσο και στη μηκοτομή, απαιτείται μεγάλη προσοχή στη διασφάλιση των μηκών ορατότητας.

Ο ΑΚ μορφής “σταυρός Μάλτας” αποτελεί τον πιο συνηθισμένη διάταξη στις περιπτώσεις διασταύρωσης δύο αυτοκινητοδρόμων (Σχήμα 3.13β). Αναπτύσσεται σε 4 επίπεδα και χαρακτηρίζεται από υψηλή κυκλοφοριακή ικανότητα στη διαχείριση αυξημένων φόρτων σε όλες τις στρέφουσες κινήσεις και δυνατότητα διατήρησης σχετικά υψηλών τιμών στις ταχύτητες.



(α) ΑΚ μορφής “ανεμόμυλος”



(β) ΑΚ μορφής “σταυρός Μάλτας”

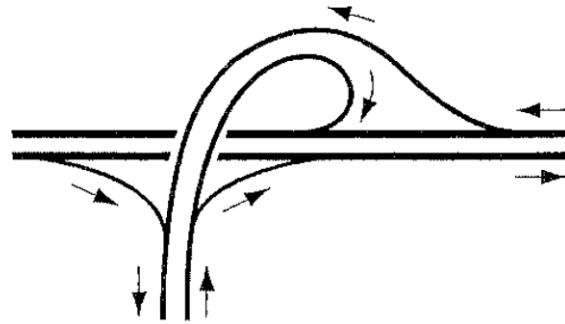
Σχήμα 3.13(α,β). Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ σε αυτοκινητόδρομους [4].

3.2 Τρισκελείς Ανισόπεδοι Κόμβοι

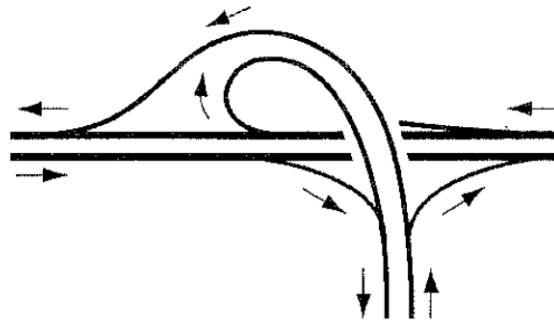
Οι τρισκελείς ΑΚ γενικά εφαρμόζονται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η μελλοντική επέκταση στο υπολειπόμενο σκέλος δεν προβλέπεται. Στα παρακάτω εδάφια παρατίθενται οι συνηθέστερες διατάξεις τρισκελών ανισόπεδων κόμβων.

3.2.1 ΑΚ Μορφής “Σάλπιγγα”

Η τυπική λύση για τρισκελείς ανισόπεδους κόμβους είναι η μορφή σάλπιγγας, όπου διακρίνονται δύο διαφορετικές διατάξεις [Σχήμα 3.14(α,β)]. Βασικό κριτήριο επιλογής της διάταξης δεν αποτελούν οι δεσμεύσεις ως προς τη διαθεσιμότητα σε γη ή το ανάγλυφο του εδάφους αλλά οι φόρτοι των αριστερά στρεφουσών κινήσεων. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται ο βρόγχος να εξυπηρετεί την κίνηση με το χαμηλότερο φόρτο.



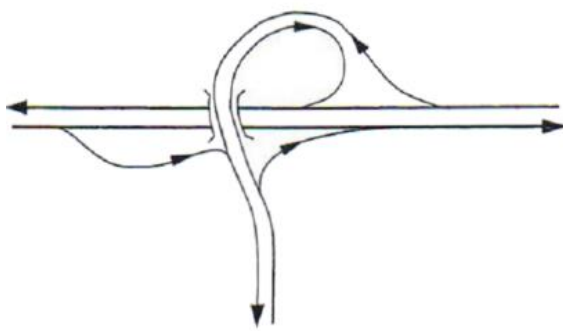
(α) τύπος A



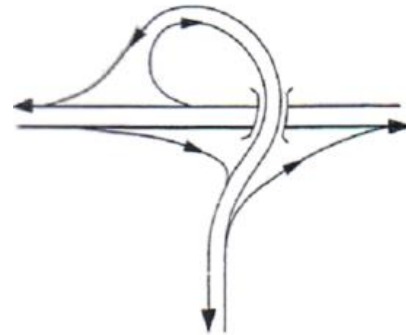
(β) τύπος B

Σχήμα 3.14(α,β). Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ μορφής “σάλπιγγα” [7].

Στην περιοχή εισόδου - εξόδου στους συνδετήριους κλάδους από τη δευτερεύουσα οδό, προκειμένου να αποφευχθεί εσφαλμένη είσοδος οχήματος στην αντίθετη κατεύθυνση, πρέπει οι δύο κατευθύνσεις να διαχωρίζονται με νησίδα. Στην περίπτωση που δεν προβλέπεται κάτι τέτοιο από την επιλεγθείσα τυπική διατομή, προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα εσφαλμένης πορείας των οχημάτων κατά την είσοδό τους στην κύρια αρτηρία, η αρχή της δεξιάς στρέφουσας κίνησης εισόδου (στην κύρια αρτηρία) πρέπει να προηγείται του πέρατος της αντίστοιχης δεξιάς στρέφουσας κίνησης εξόδου [Σχήμα 3.15(α,β)].



(α) τύπος A



(β) τύπος B

Σχήμα 3.15(α,β). Σχεδιασμός δεξιάς στρέφουσας κίνησης εισόδου στην περίπτωση ενιαίου οδοστρώματος στη δευτερεύουσα οδό [4].

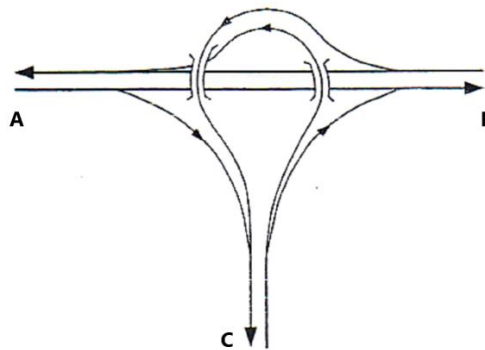
Η περίπτωση “σάλπιγγας” τύπου A, γενικά πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή και λαμβάνοντας υπόψη μέτρα μείωσης στις ταχύτητες των αριστερά στρεφόντων οχημάτων που εισέρχονται στην κύρια αρτηρία μέσω του βρόγχου, δεδομένου ότι η οριζοντιογραφία του συνδετήριου αυτού κλάδου εισόδου, παρουσιάζει αλληλουχία τόξων αυξανόμενης καμπυλότητας. Τα μέτρα αυτά αφορούν στον κατάλληλο γεωμετρικό σχεδιασμό στην περιοχή προσέγγισης της δευτερεύουσας οδού (πχ. σχεδιασμό αλληλουχίας αντίθετων καμπυλών), αλλά ταυτόχρονα είναι επιθυμητό και ο βρόγχος να σχεδιάζεται με χρήση ωοειδούς καμπύλης.

Στην περίπτωση “σάλπιγγας” τύπου Β, ο συνδετήριος κλάδος της αριστερόστροφης κίνησης εξόδου, θα πρέπει να αρχίζει πριν το τεχνικό έργο προκειμένου η περιοχή εξόδου να είναι επαρκώς αντιληπτή από τον οδηγό. Επιπλέον, η εφαρμογή τόξου αντίθετης φοράς πριν το κύριο τόξο του συνδετήριου κλάδου συμβάλλει θετικά στη μείωση της ταχύτητας των οχημάτων.

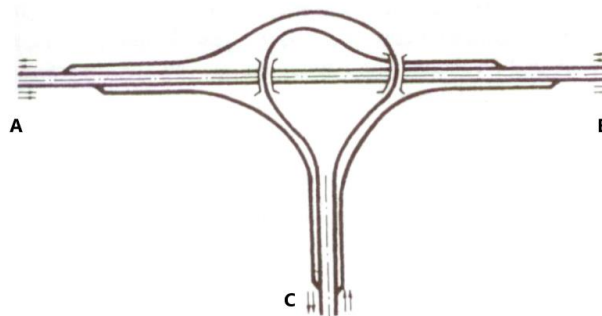
3.2.2 ΑΚ Διασταύρωσης Αυτοκινητόδρομων

Όπως και στην περίπτωση των τετρασκελών ΑΚ, κατά τη διασταύρωση αυτοκινητόδρομων (σύστημα ΑΚ), γενικά αποφεύγεται ο σχεδιασμός βρόγχων εκτός και αν αυτό δικαιολογείται από τους φόρτους.

Ο ΑΚ μορφής “αχλάδι”, αναπτύσσεται επίσης σε 2 επίπεδα και αφορά σε παραλλαγή του ΑΚ μορφής “σάλπιγγα”, όπου ο βρόγχος αντικαθίσταται με ημι-κατευθυντήριο συνδετήριο κλάδο. Για το σκοπό αυτό προβλέπονται δύο τεχνικά έργα [Σχήμα 3.16(α,β)]. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 3.16α απεικονίζεται παραλλαγή η οποία ενδείκνυται στην περίπτωση κατά την οποία η αριστερόστροφη κίνηση BC παρουσιάζει πιο αυξημένους φόρτους έναντι της αντίστοιχης CA, ενώ στο Σχήμα 3.16β το αντίθετο.



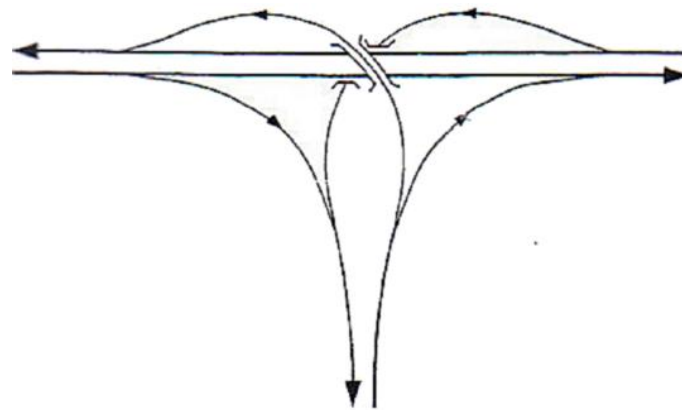
(α) αυξημένος φόρτος στην κίνηση BC



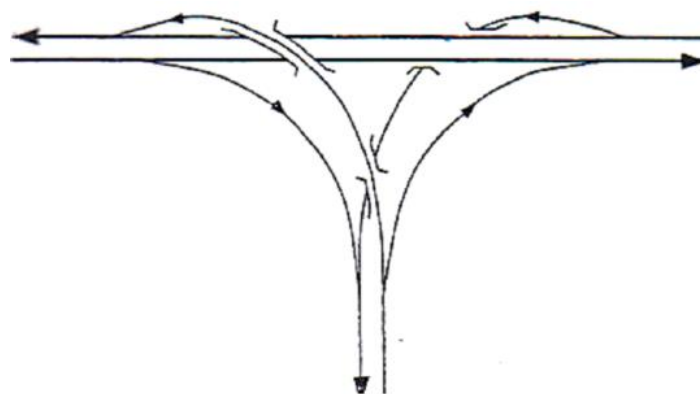
(β) αυξημένος φόρτος στην κίνηση CA

Σχήμα 3.16 (α,β). Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ μορφής “αχλάδι” [7].

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι φόρτοι των αριστερά στρεφουσών κινήσεων είναι λίγο πολύ της ίδιας τάξης, χρησιμοποιούνται οι τυπικές κατευθυντήριες διατάξεις που φαίνονται στο Σχήμα 3.17(α,β). Πιο συγκεκριμένα στο Σχήμα 3.17α ο ΑΚ έχει ένα τεχνικό έργο και αναπτύσσεται σε τρία επίπεδα, γεγονός το οποίο αυξάνει το κόστος κατασκευής. Το κόστος αυτό δύναται να μετριαστεί με την 2 επιπέδων παραλλαγή που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.17β, όπου προβλέπονται πλέον τρία μεμονωμένα τεχνικά έργα αλλά με σαφώς μεγαλύτερο εύρος κατάληψης, η οποία όμως ενδεχομένως να μην εφαρμόζεται σε έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο.



(α) τυπική κατευθυντήρια διάταξη με 1 τεχνικό έργο



(β) τυπική κατευθυντήρια διάταξη με 3 τεχνικά έργα

Σχήμα 3.17 (α,β). Λειτουργικά σχήματα τυπικών διατάξεων ΑΚ με ομοιόμορφες αριστερόστροφες κινήσεις [4].

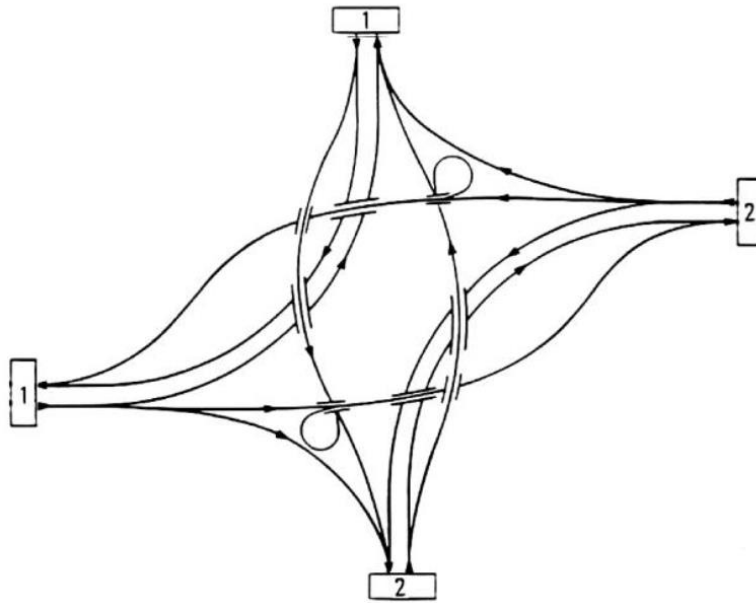
3.3 Χαρακτηριστικά Λειτουργίας

Οι ανισόπεδοι κόμβοι κατά μήκος ενός αυτοκινητόδρομου επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία του. Κατά συνέπεια θα πρέπει να σχεδιάζονται ως τμήμα συστήματος το οποίο να είναι αφενός ευέλικτο και αφετέρου να βρίσκεται σε διαρκή ισορροπία. Στα εδάφια που ακολουθούν παρατίθενται βασικά στοιχεία αυτής της θεώρησης.

3.3.1 Συνέχεια και Ομοιομορφία

Η συνέχεια (continuity) της οδού είναι στενά συνδεδεμένη με την ομοιομορφία (consistency) κατά τον σχεδιασμό εισόδων και εξόδων ενός ανισόπεδου κόμβου.

Η συνέχεια της οδού αφορά στην παροχή μιας κατεύθυνσης κατά μήκος μίας χαρακτηρισμένης διαδρομής η οποία αναφέρεται είτε σε συγκεκριμένο προορισμό είτε στην ονομασία της οδού. Η κατεύθυνση αυτή θα πρέπει να είναι σαφής και εύκολα κατανοητή από τον οδηγό. Στο Σχήμα 3.18 φαίνονται δύο αρτηρίες 1-1 και 2-2 στις οποίες οι επιμέρους μεταξύ τους συνδέσεις διατηρούν τη συνέχεια της πορείας των κύριων κυκλοφοριακών κατευθύνσεων.



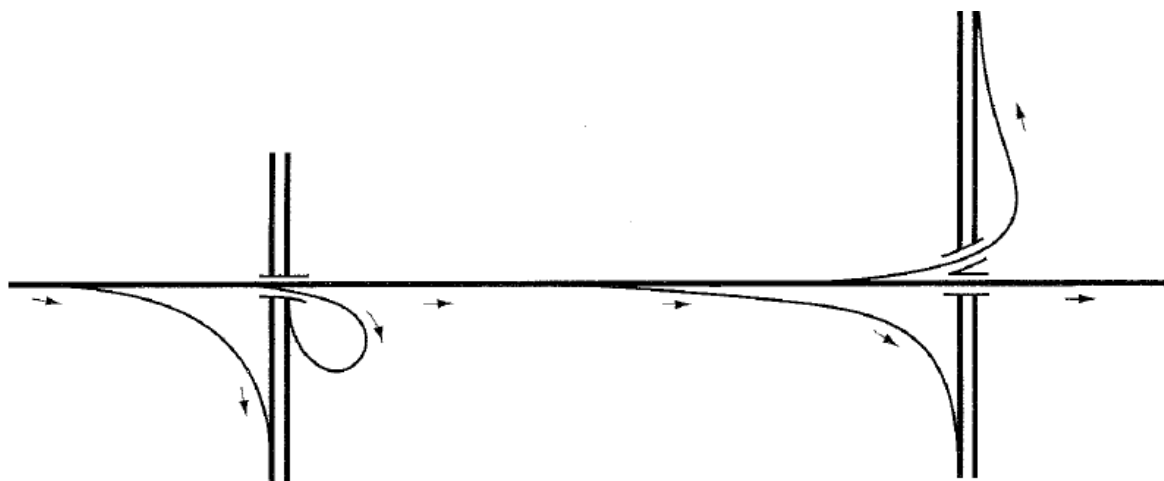
Σχήμα 3.18. Διατήρηση της συνέχειας της πορείας στις οδούς 1-1 και 2-2 [7].

Η ομοιομορφία στο σχεδιασμό των εισόδων και εξόδων ενός ανισόπεδου κόμβου επιτυγχάνεται με μια σειρά κριτηρίων τα οποία αναφέρονται στον οδηγό και στοχεύουν στην απλοποίηση της διαδικασίας αναγνώρισης της μορφής του, στην έγκαιρη κατανόηση των επιμέρους επιλογών ως προς τις δυνατότητες κινήσεων αλλά και λειτουργίας της όλης διάταξης γενικότερα.

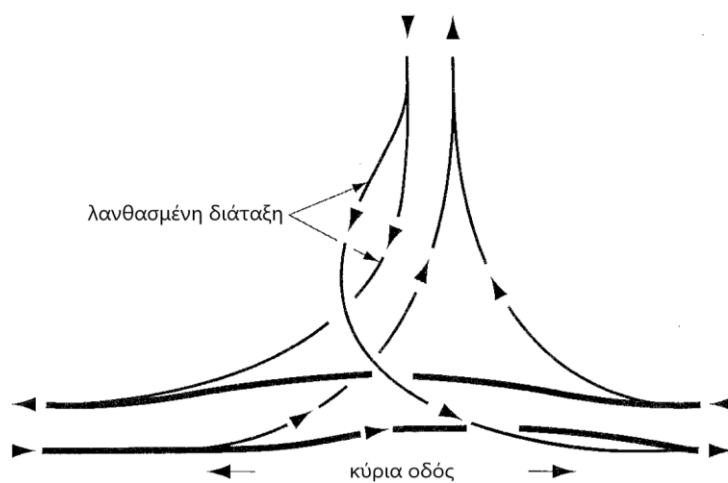
Τα κριτήρια αυτά ανά ανισόπεδο κόμβο αφορούν στα εξής :

- Όλες οι περιοχές εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι από δεξιά
- Οι περιοχές εξόδου πρέπει να προηγούνται των αντίστοιχων περιοχών εισόδου
- Οι κυκλοφοριακοί προορισμοί εξόδου, πρέπει να συγκεντρώνονται σε μια περιοχή εξόδου, όπου οι δεξιόστροφες κινήσεις είναι δεξιά και οι αντίστοιχες αριστερόστροφες βρίσκονται αριστερά
- Οι κυκλοφοριακοί προορισμοί εισόδου είναι καλό να συμβάλλουν μέσω ενός συνδετήριου κλάδου εισόδου στον αυτοκινητόδρομο
- Οι περιοχές εξόδου πρέπει να προηγούνται του τεχνικού έργου προκειμένου να είναι ορατές και έγκαιρα αντιληπτές από τους χρήστες

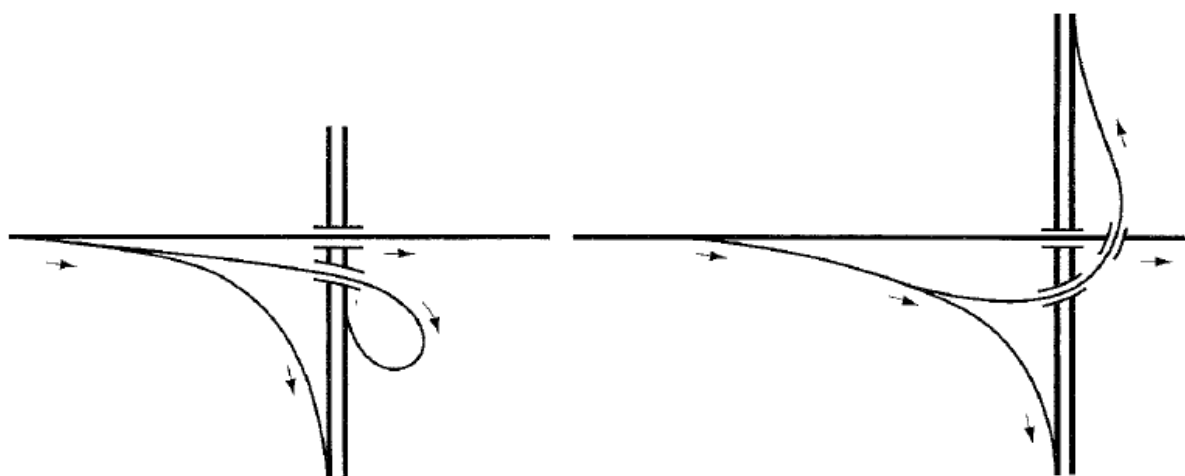
Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, στο Σχήμα 3.19(α,β,γ) απεικονίζονται διατάξεις εξόδων προς αποφυγή [Σχήμα 3.19(α,β)] και κατάλληλες προς εφαρμογή (Σχήμα 3.19γ).



(α) διατάξεις εξόδου προς αποφυγή



(β) διάταξη εξόδου προς αποφυγή



(γ) διατάξεις εξόδου κατάλληλες προς εφαρμογή

Σχήμα 3.19. Διατάξεις εξόδου προς αποφυγή και προς εφαρμογή [7].

3.3.2 Αποστάσεις μεταξύ Ανισόπεδων Κόμβων

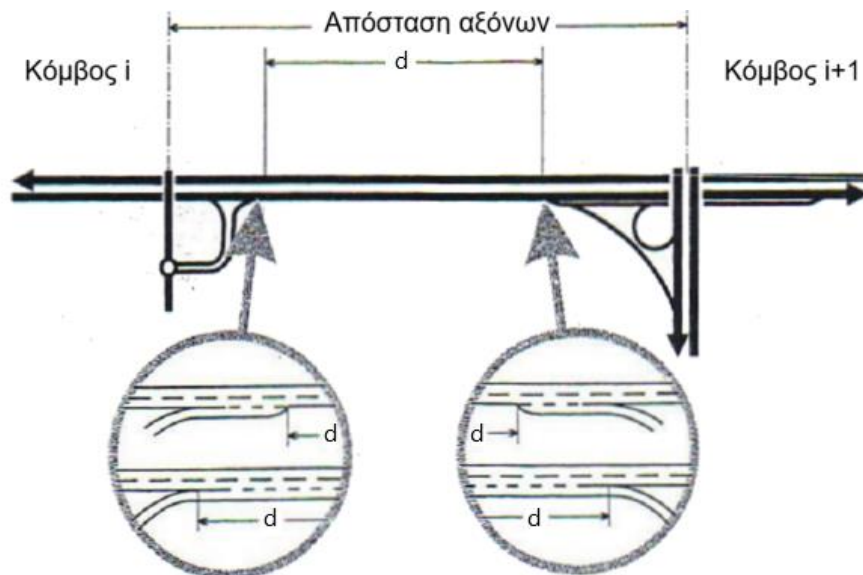
Δεδομένου ότι στους ΑΚ υπάρχει ταυτόχρονη ανάγκη για υψηλή στάθμη ασφάλειας, κυκλοφοριακής ικανότητας και επιπέδου εξυπηρέτησης, οι αποστάσεις μεταξύ κόμβων δύνανται να επηρεάσουν σημαντικά τη λειτουργία των κύριων οδικών αρτηριών και άρα πρέπει να προβλέπεται κατάλληλο μήκος το οποίο να εξασφαλίζει ότι η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής παραμένει ανεπηρέαστη.

Σύμφωνα με τις οδηγίες RAA,2008, η συνιστώμενη ελάχιστη απόσταση μεταξύ κόμβων σε αυτοκινητόδρομους με κλάση σχεδιασμού ΕΚΑ 1Α είναι 8km. Στις κλάσεις σχεδιασμού ΕΚΑ 1Β και ΕΚΑ 2 επιδιώκεται οι αντίστοιχες αποστάσεις να είναι τουλάχιστον 5km. Στους αστικούς αυτοκινητόδρομους (ΕΚΑ 3), λαμβάνοντας υπόψη ότι οι απαιτήσεις χωροθέτησης κόμβων είναι ιδιαίτερα αυξημένες και εξαρτώνται από τον ευρύτερο χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό, καθώς επίσης και την αξία γης, η ελάχιστη απόσταση μεταξύ κόμβων γενικά δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 1.5km. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει να εξετάζεται η ενοποίηση των συνδετήριων κλάδων εισόδου – εξόδου ή ο σχεδιασμός συλλεκτήριας – κατανεμητήριας οδού.

Υπό ορισμένες συνθήκες, τόσο εντός πυκνά κατοικημένων περιοχών, όσο και σε περιπτώσεις διέλευσης της αρτηρίας από υποχρεωτικά σημεία, ενδέχεται να μην είναι εφικτή η τήρηση των επιθυμητών αποστάσεων που αναφέρονται παραπάνω. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να τηρείται κάποια ελάχιστη απόσταση η οποία λαμβάνεται με βάση τις απαιτήσεις τοποθέτησης των πληροφοριακών πινακίδων οδικής σήμανσης.

Κρίσιμη παράμετρος αξιολόγησης της ελάχιστης αυτής απόστασης είναι η λειτουργική απόσταση κόμβων “d” η οποία ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ του πέρατος της πρόσθετης λωρίδας εισόδου στην αρτηρία (πέρας λωρίδας επιτάχυνσης) από τον κόμβο i και της αρχής της πρόσθετης λωρίδας εξόδου από την αρτηρία (αρχή λωρίδας επιβράδυνσης) στον κόμβο i+1. Στην περίπτωση κατά την οποία οι δύο αυτές λωρίδες δεν διαχωρίζονται (δημιουργείται δηλαδή πλέξη μεταξύ των δύο κόμβων), τότε η απόσταση “d” λαμβάνεται μεταξύ των αιχμών των λωρίδων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης αντίστοιχα (Σχήμα 3.20).

Οι ελάχιστες τιμές της λειτουργικής απόστασης “d” απεικονίζονται στον Πίνακα 3.1.



Σημείωση. Οι μορφές των ΑΚ είναι ενδεικτικές.

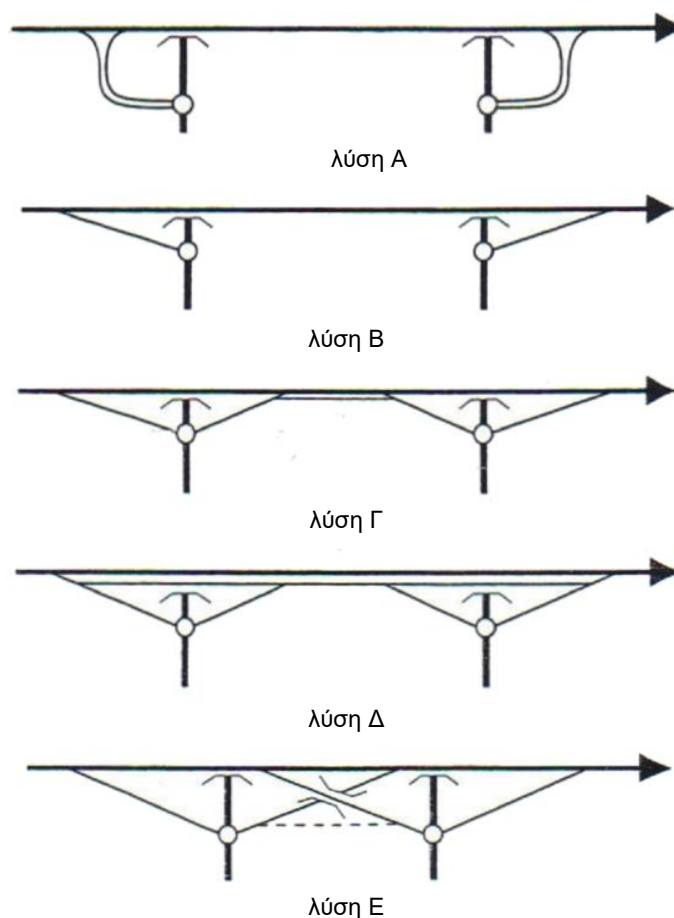
Σχήμα 3.20. Λειτουργική απόσταση “d” μεταξύ ΑΚ [4].

Μορφή Κόμβου $i+1$	Ελάχιστη Τιμή Απόστασης Τυποποιημένων Πληροφοριακών Πινακίδων Οδικής Σήμανσης	Απολύτως Ελάχιστη Απόσταση Διαδοχικών Κόμβων
Τρισκελείς – Τετρασκελείς ΑΚ	3000m	600m
Μερικώς ΑΚ	2000m	600m

Πίνακας 3.1. Ελάχιστες τιμές λειτουργικής απόστασης κόμβων “d” [4].

Στην περίπτωση που η λειτουργική απόσταση είναι μικρότερη από τις αναφερόμενες στον Πίνακα 3.1 απολύτως ελάχιστες τιμές, τότε μεταξύ των ΑΚ υπάρχει επικάλυψη, τόσο από την άποψη της κατασκευαστικής και λειτουργικής διαμόρφωσης, όσο και από την άποψη της κυκλοφοριακής ροής. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει πλέον δυνατότητα μελέτης των ΑΚ ως απομονωμένων στοιχείων, όπου το καθένα να λειτουργεί ανεξάρτητα. Δηλαδή οι συνδετήριοι κλάδοι εισόδου και εξόδου του ΑΚ i και $i+1$ αντίστοιχα θα πρέπει να ενοποιηθούν μεταξύ τους μέσω συλλεκτήριας – κατανεμητήριας οδού.

Στο Σχήμα 3.21, μέσω των σχετικών λειτουργικών σχημάτων, φαίνονται βασικές λύσεις βελτιστοποίησης της διάταξης των συνδετήριων κλάδων στις περιπτώσεις μικρής απόστασης “d” μεταξύ ΑΚ.



Σημείωση: $\bullet$: ισόπεδος κόμβος, - - - : εναλλακτικός συνδετήριος κλάδος
Απεικονίζεται μόνο μια κατεύθυνση κυκλοφορίας.

Σχήμα 3.21. Βασικές λύσεις βελτιστοποίησης της διάταξης των συνδετήριων κλάδων [4].

Πιο συγκεκριμένα:

- Λύση Α
Κατάληψη μόνο των εξωτερικών τεταρτημορίων
(κόμβος i: είσοδος – έξοδος, κόμβος i+1: είσοδος – έξοδος)
- Λύση Β
Κατάληψη μόνο των εξωτερικών τεταρτημορίων
(κόμβος i: έξοδος, κόμβος i+1: είσοδος)
- Λύση Γ
Σχεδιασμός ενδιάμεσης λωρίδας πλέξης
(κόμβος i: είσοδος – έξοδος, κόμβος i+1: είσοδος – έξοδος)
- Λύση Δ
Σχεδιασμός συλλεκτήριας – κατανεμητήριας οδού
(κόμβος i: είσοδος – έξοδος, κόμβος i+1: είσοδος – έξοδος)
- Λύση Ε
Σχεδιασμός ανισόπεδης διάβασης μεταξύ των συνδετήριων κλάδων
(κόμβος i: είσοδος – έξοδος, κόμβος i+1: είσοδος – έξοδος)

Αναφορικά με την περίπτωση Γ και την περίπτωση Δ, απαιτείται μεγαλύτερη ανάλυση για τον καθορισμό του ελάχιστου μήκους πλέξης. Στοιχεία για το θέμα αυτό δίδονται σε επόμενο εδάφιο. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το ελάχιστο αυτό μήκος πλέξης καταστρατηγείται, πρέπει να εφαρμόζεται η λύση Ε, η οποία μεταξύ άλλων γενικά εφαρμόζεται και στις περιπτώσεις βελτίωσης της κυκλοφοριακής ροής σε τμήματα πλέξης μεγάλου μήκους μεταξύ δύο κόμβων.

Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή μιας εκ των παραπάνω λύσεων θα πρέπει να υποστηρίζεται επιπλέον και από προσομοίωση της κυκλοφοριακής ροής με χρήση σχετικών λογισμικών.

3.3.3 Αποστάσεις μεταξύ Συνδετήριων Κλάδων

Σε πολλές περιπτώσεις ανισόπεδων κόμβων (πχ. αστικοί αυτοκινητόδρομοι), δύο ή περισσότερες εισοδοί, εξοδοί ή συνδυασμός τους μπορεί να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Κατά συνέπεια, στις περιοχές αυτές, μεταξύ των επιμέρους συνδετήριων κλάδων πρέπει να παρέχεται επαρκές μήκος προκειμένου αφενός να τοποθετηθεί η κατάλληλη πληροφοριακή σήμανση και αφετέρου οι περιοχές εισόδου – εξόδου να είναι κατανοητές από τους χρήστες.

Οι αποστάσεις μεταξύ των συνδετήριων κλάδων γενικά εξαρτώνται από τον τύπο του ανισόπεδου κόμβου, το λειτουργικό χαρακτήρα της οδού στην οποία οι διαδοχικοί συνδετήριοι κλάδοι αλληλοεπιδρούν (συμβάλλουν ή επιμερίζονται) και τον συνδυασμό εισόδου – εξόδου ανά περίπτωση. Επιπλέον αυτών, πρέπει να εξετάζεται αν οι προς εξυπηρέτηση κινήσεις αφορούν σε “Σύστημα” ΑΚ ή σε ΑΚ “Εξυπηρέτησης”. Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Συνδετήριο κλάδος εισόδου ακολουθούμενος από συνδετήριο κλάδο εισόδου
- Συνδετήριο κλάδος εξόδου ακολουθούμενος από συνδετήριο κλάδο εξόδου
(να αποφεύγεται στους πρωτεύοντες συνδετήριους κλάδους αυτοκινητόδρομων)
- Συνδετήριο κλάδος εξόδου ακολουθούμενος από συνδετήριο κλάδο εισόδου
- Στρέφοντες συνδετήριοι κλάδοι (εισόδου και εξόδου)

Στον Πίνακα 3.2 δίδονται οι ελάχιστες αποστάσεις L μεταξύ διαδοχικών συνδετήριων κλάδων ανά περίπτωση με βάση τις οδηγίες AASHTO, 2018.

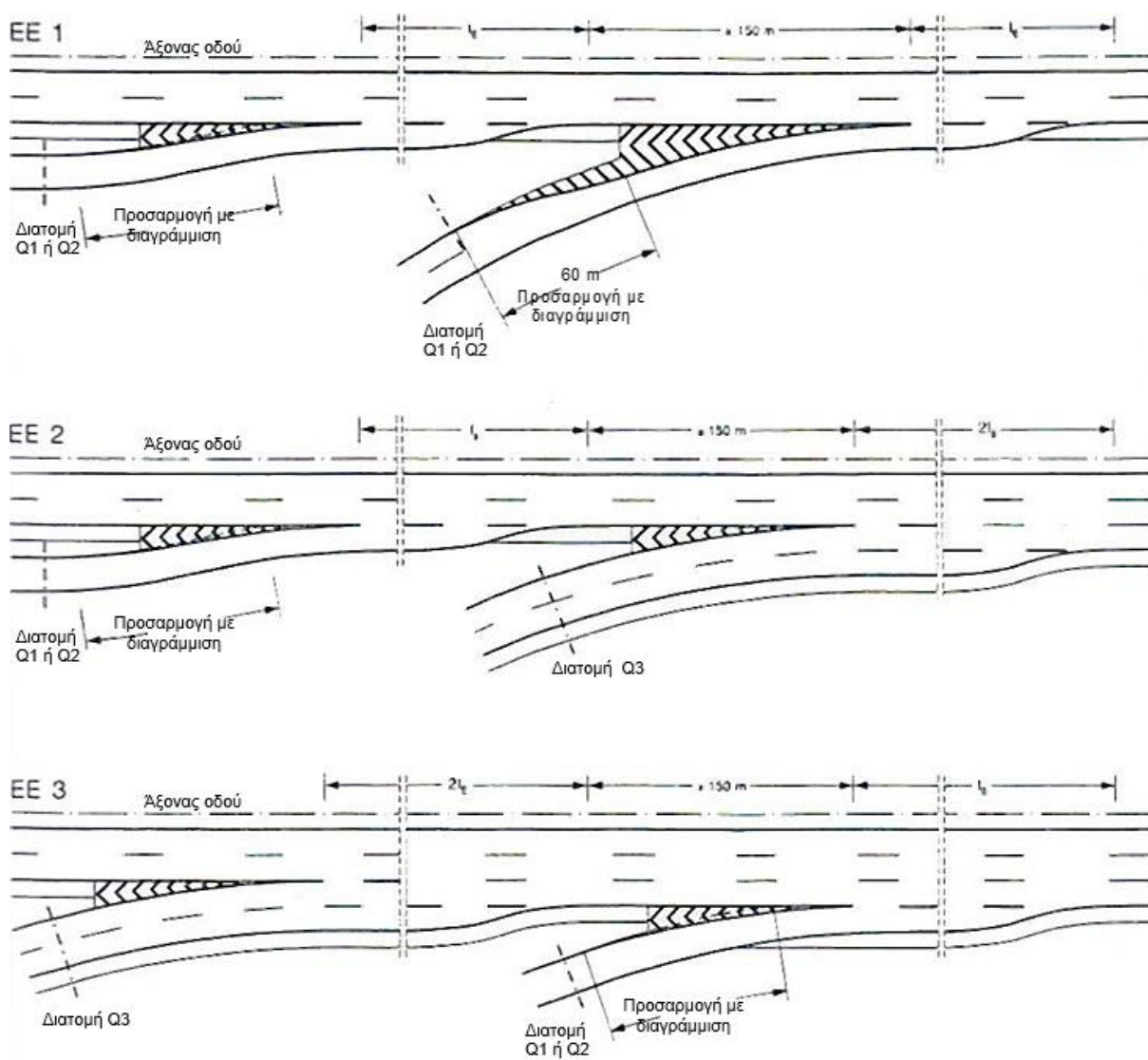
είσοδος – είσοδος ή έξοδος - έξοδος		έξοδος - είσοδος		στρέφοντες κλάδοι	
Αυτοκινητόδρομος	Συλλεκτήρια – Κατανεμητήρια Οδός	Αυτοκινητόδρομος	Συλλεκτήρια – Κατανεμητήρια Οδός	“Σύστημα” ΑΚ	ΑΚ “Εξυπηρέτησης”
300m	240m	150m	120m	240m	180m

Σημείωση: Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται ελάχιστο μήκος 90m μεταξύ του πέρατος (αρχής) διεύρυνσης και της αιχμής της νησίδας.

Πίνακας 3.2. Ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών συνδετήριων κλάδων [7].

Στο Σχήμα 3.22 δίδονται οι αντίστοιχες ελάχιστες αποστάσεις κατά RAA, 2008 για 3 περιπτώσεις συνδετήριου κλάδου εισόδου ακολουθούμενο από συνδετήριο κλάδο εισόδου (ΕΕ 1, ΕΕ 2 και ΕΕ 3). Στην περίπτωση στρεφόντων κλάδων οι αντίστοιχες αποστάσεις L είναι:

- Είσοδος
 - 4 περιπτώσεις (ΕΕ 1, ΕΕ 2, ΕΕ 3 και ΕΕ 4), (Σχήμα 3.23)
- Έξοδος
 - 180m και 260m για συνδετήριους κλάδους 1 και 2 λωρίδων αντίστοιχα

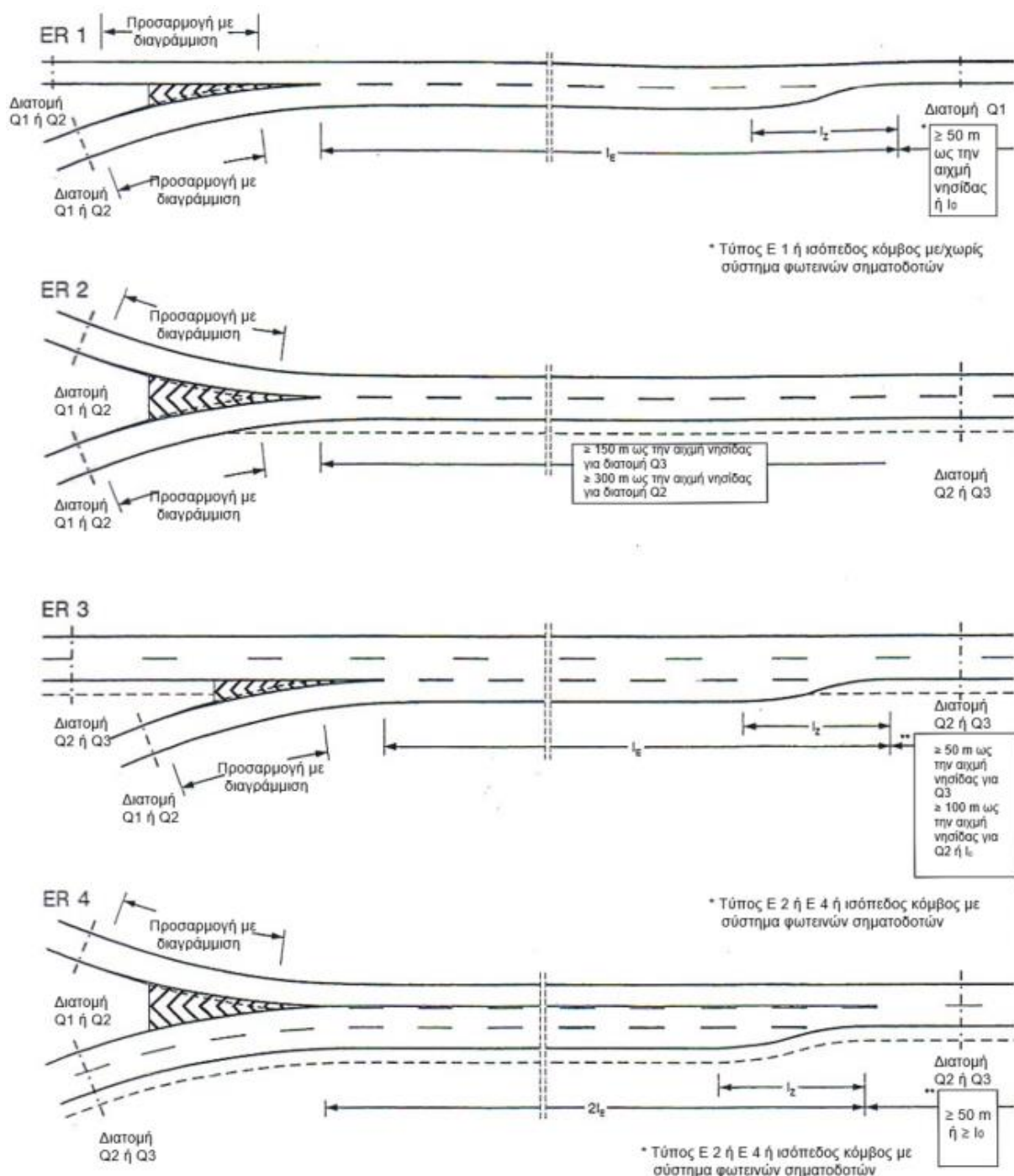


Σημείωση: Περισσότερα στοιχεία για τους τύπους διατομών Q1, Q2 και Q3 δίδονται σε επόμενο εδάφιο.

$L_E = 250\text{m}$ (ΕΚΑ 1, ΕΚΑ 2), $L_E = 150\text{m}$ (ΕΚΑ 3).

Στις περιπτώσεις ΕΕ 2 και ΕΕ 3, για περαιτέρω μείωση λωρίδων στην αρτηρία απαιτούνται $\geq 500\text{m}$.

Σχήμα 3.22. Ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ συνδετήριων κλάδων (περίπτωση είσοδος – είσοδος) [4].



Σημείωση: Περισσότερα στοιχεία για τους τύπους διατομών Q1, Q2 και Q3 δίδονται σε επόμενο εδάφιο.

$L_E = 150 \text{ m}$ (EKA 1, EKA 2), $L_E = 100 \text{ m}$ (EKA 3).

Στις περιπτώσεις EE 2 και EE 3, για περαιτέρω μείωση λωρίδων στην αρτηρία απαιτούνται $\geq 500 \text{ m}$.

Σχήμα 3.23. Ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ συνδετήριων κλάδων (περίπτωση στρέφοντες κλάδοι εισόδου) [4].

3.3.4 Βασικές Λωρίδες – Πρόσθετες Λωρίδες – Ισοζύγιο Λωρίδων

Ο αριθμός των λωρίδων στην ευρύτερη περιοχή των συνδετήριων κλάδων εισόδου και εξόδου πέρα από τους φόρτους των προς εξυπηρέτηση κινήσεων εξαρτάται επίσης και από τον αριθμό των βασικών λωρίδων (στην ίδια κατεύθυνση) της αρτηρίας (basic number of lanes), οι οποίες ορίζονται ως το πλήθος των σταθερών λωρίδων εξαιρουμένων των όποιων πρόσθετων.

Ο αριθμός βασικών λωρίδων προκύπτει κατά το σχεδιασμό της αρτηρίας με βάση τους αναμενόμενους κυκλοφοριακούς φόρτους αλλά και το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού. Γενικά είναι επιθυμητό ο αριθμός των υποψη λωρίδων να παραμένει σταθερός για μεγάλο μήκος της οδού. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων παρατηρείται αυξημένος φόρτος εισόδου και εξόδου αντίστοιχα, θα πρέπει να εξετάζεται η περίπτωση σχεδιασμού πρόσθετων λωρίδων.

Το ισοζύγιο λωρίδων (lane balance) στις περιοχές μερισμού συνδετήριου κλάδου εξόδου και συμβολής συνδετήριου κλάδου εισόδου, αφορά στη σχέση που πρέπει να υπάρχει μεταξύ των λωρίδων πριν και μετά το μερισμό και τη συμβολή αντίστοιχα.

Ως προς το ισοζύγιο λωρίδων ισχύουν τα εξής:

- **Περιοχή μερισμού**
Το άθροισμα των λωρίδων “μετά” τον μερισμό (αρτηρίας και συνδετήριου κλάδου) πρέπει να ισούται με τον αριθμό των λωρίδων “πριν” τον μερισμό προσαυξημένες κατά μία (Εξίσωση 3.1). Η λογική πίσω από αυτήν την πρακτική είναι η αποφυγή παρακώλησης της κυκλοφορίας στην περιοχή εξόδου.

$$N_{\text{αρτ. (μετά)}} + N_{\text{συνδ. κλάδ. (μετά)}} = N_{\text{αρτ. (πριν)}} + 1 \quad (3.1)$$

- **Περιοχή συμβολής**
Το άθροισμα των λωρίδων “πριν” τη συμβολή (αρτηρίας και συνδετήριου κλάδου) πρέπει να ισούται είτε με τον αριθμό των λωρίδων “μετά” τη συμβολή είτε να υπολείπεται κατά μία αυτών (Εξίσωση 3.2 και Εξίσωση 3.3).

$$N_{\text{αρτ. (πριν)}} + N_{\text{συνδ. κλάδ. (πριν)}} = N_{\text{αρτ. (μετά)}} \quad (3.2) \quad \text{ή}$$

$$N_{\text{αρτ. (πριν)}} + N_{\text{συνδ. κλάδ. (πριν)}} = N_{\text{αρτ. (μετά)}} - 1 \quad (3.3)$$

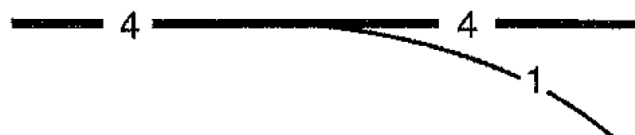
Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση του μερισμού, ο αριθμός των λωρίδων της αρτηρίας (βασικές και πρόσθετες) δεν θα πρέπει να μειώνεται περισσότερο από μία λωρίδα κάθε φορά.

Στο Σχήμα 3.24(α,β,γ) δίδονται χαρακτηριστικά παραδείγματα τήρησης του ισοζυγίου λωρίδων για την περίπτωση μερισμού και συμβολής αντίστοιχα.

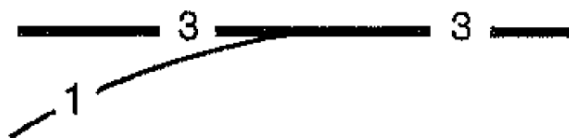
Η διερεύνηση της αναγκαιότητας πρόσθετων λωρίδων πρέπει να γίνεται στη βάση τήρησης του ισοζυγίου λωρίδων, εξετάζοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα διατήρησης, κατά το δυνατόν, του αριθμού των βασικών λωρίδων. Βασική προϋπόθεση βέβαια είναι ο καθορισμός στους συνδετήριους κλάδους, του αριθμού των λωρίδων για την εξυπηρέτηση του φόρτου στις περιοχές εξόδου και εισόδου. Σχετικό παράδειγμα, θεωρώντας αναγκαίες 2 λωρίδες στους συνδετήριους κλάδους εισόδου και εξόδου αντίστοιχα, δίδεται στο Σχήμα 3.25(α,β,γ).

Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 3.25α φαίνεται ότι με την προτεινόμενη διαμόρφωση τηρείται το ισοζύγιο λωρίδων αλλά όχι ο αριθμός των βασικών λωρίδων. Ως αποτέλεσμα, στο τμήμα μεταξύ των συνδετήριων κλάδων εξόδου και εισόδου, διατίθενται λιγότερες λωρίδες γεγονός το οποίο υποβαθμίζει την κυκλοφοριακή ικανότητα της αρτηρίας. Στο Σχήμα 3.25β φαίνεται το αντίθετο, δηλαδή τηρείται ο αριθμός των βασικών λωρίδων αλλά όχι το ισοζύγιο αυτών. Λύση στο πρόβλημα προκειμένου να τηρείται ταυτόχρονα τόσο το ισοζύγιο λωρίδων όσο και ο αριθμός βασικών λωρίδων δίδεται στο Σχήμα 3.25γ μέσω κατάλληλης διαμόρφωσης πρόσθετων λωρίδων.

Εξαιρέσεις από τους παραπάνω κανόνες ισχύουν όταν οι προς εξυπηρέτηση φόρτοι στους συνδετήριους κλάδους είναι γενικά μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους φόρτους στην αρτηρία ή όταν οι φόρτοι αιχμής στις διάφορες κινήσεις παρατηρούνται σε πολύ διαφορετικές ώρες.



(α) μερισμός

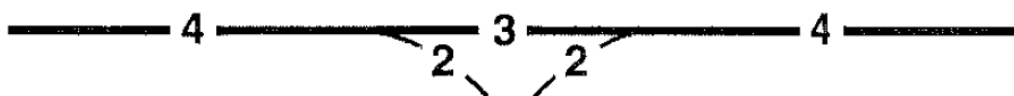


(β) συμβολή (περίπτωση Ι)

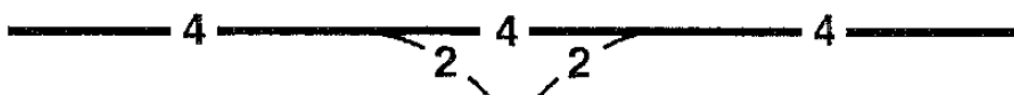


(γ) συμβολή (περίπτωση ΙΙ)

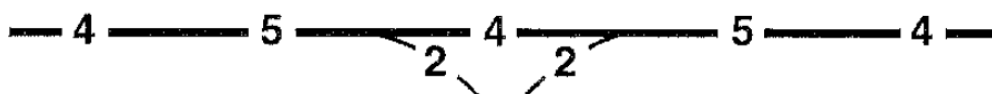
Σχήμα 3.24(α,β,γ). Παραδείγματα τήρησης του ισοζυγίου λωρίδων [7].



(α) τηρείται ισοζύγιο λωρίδων αλλά όχι αριθμός βασικών λωρίδων



(β) τηρείται αριθμός βασικών λωρίδων αλλά όχι ισοζύγιο λωρίδων



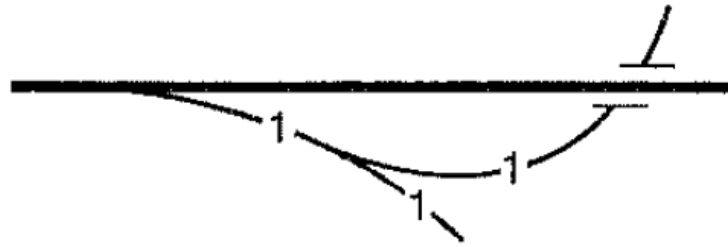
(γ) τηρείται αριθμός βασικών λωρίδων και ισοζύγιο λωρίδων

Σχήμα 3.25(α,β,γ). Τήρηση του ισοζυγίου λωρίδων ως προς την απαίτηση διατήρησης του αριθμού των βασικών λωρίδων [7].

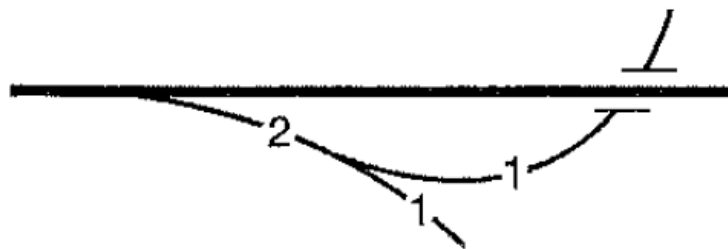
Σε ό,τι αφορά στο σχεδιασμό πρόσθετων λωρίδων, σε ορισμένες περιπτώσεις η τήρηση του ισοζυγίου λωρίδων και η διατήρηση του αριθμού των βασικών λωρίδων δεν εξασφαλίζουν κατ'ανάγκη επάρκεια κυκλοφοριακής ικανότητας.

Ως παράδειγμα αναφέρεται διάταξη μερισμού σε συλλεκτήρια – κατανεμητήρια οδό [Σχήμα 3.26(α)] όπου εκ πρώτης όψης ικανοποιείται το ισοζύγιο λωρίδων και ταυτόχρονα διατηρείται και ο αριθμός των βασικών λωρίδων. Αν όμως στην υπόψη περιοχή μερισμού οδού το επίπεδο εξυπηρέτησης διαφέρει αρκετά από το αντίστοιχο του επόμενου ελιγμού πρέπει να προβλεφθεί μια πιο διευρυμένη διάταξη προκειμένου να επέλθει καλύτερη ισορροπία. Στην νέα αυτή διάταξη όμως δεν τηρείται πια το

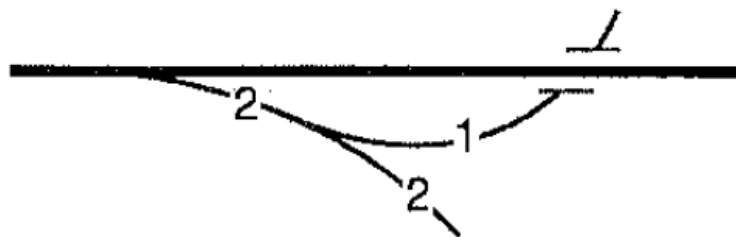
ισοζύγιο λωρίδων [Σχήμα 3.26(β)], και επιπλέον, αν η κατανομή του φόρτου είναι ανομοιόμορφη προς τη μια ή την άλλη κατεύθυνση, υπάρχει σοβαρή περίπτωση να δημιουργηθεί ανάσχεση στην κυκλοφορία γεγονός που θα επιφέρει αστοχία στη διάταξη συνολικά. Στο Σχήμα 3.26(γ) φαίνεται η προτεινόμενη διάταξη, η οποία πληροί τα κριτήρια που έχουν τεθεί και κυρίως παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία.



(α) αρχική διάταξη μερισμού



(β) προτεινόμενη διάταξη χωρίς να τηρείται το ισοζύγιο λωρίδων



(γ) προτεινόμενη διάταξη μερισμού

Σχήμα 3.26(α,β,γ). Ειδικές περιπτώσεις απαίτησης πρόσθετων λωρίδων [7].

3.3.5 Πλέξεις

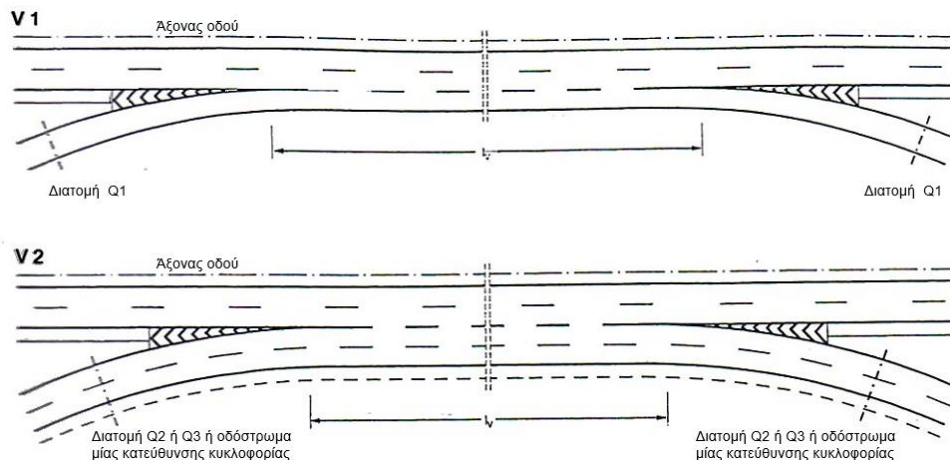
Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, ο ελιγμός της πλέξης προκύπτει όταν σε οδόστρωμα μιας κατεύθυνσης κυκλοφορίας υπάρχει περιοχή εισόδου η οποία προηγείται της αντίστοιχης εξόδου.

Το ζητούμενο στις περιοχές πλέξης είναι ο προσδιορισμός του ελάχιστου μήκους μεταξύ αιχμής εισόδου και αιχμής εξόδου.

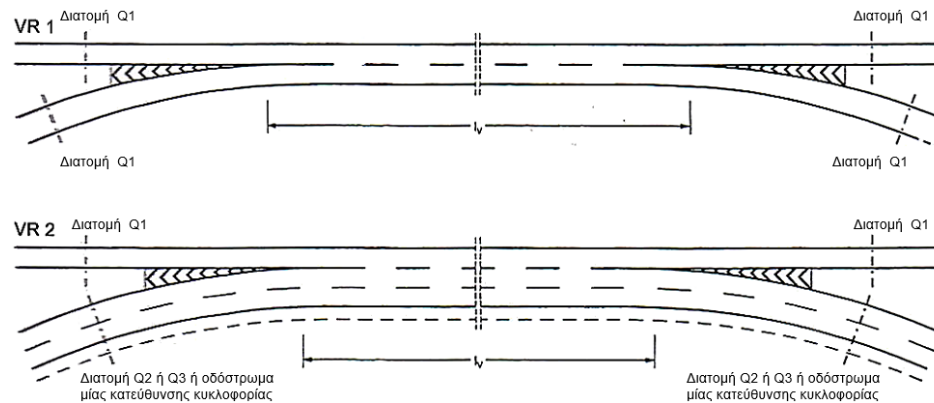
Με βάση τις Γερμανικές οδηγίες RAA,2008 διακρίνονται οι εξής δύο τύποι περιοχών πλέξης:

- Μεταξύ οδοστρώματος αρτηρίας και οδοστρώματος συνδετήριων κλάδων (Τύπος V)
- Μεταξύ των οδοστρωμάτων των συνδετήριων κλάδων (Τύπος VR)

Στο Σχήμα 3.27 και το Σχήμα 3.28, ανάλογα με το πλήθος των λωρίδων του συνδετήριου κλάδου, φαίνεται ο επιμέρους διαχωρισμός που προκύπτει ως προς τις περιοχές πλέξης, μεταξύ πρωτεύουσας αρτηρίας - συνδετήριου κλάδου (Τύπος V) και συνδετήριου κλάδου - συνδετήριου κλάδου (Τύπος VR) αντίστοιχα.

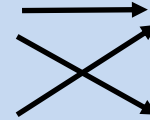
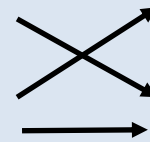
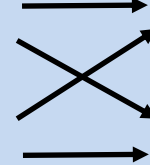


Σημείωση: Περισσότερα στοιχεία για τους τύπους διατομών Q1, Q2 και Q3 δίδονται σε επόμενο εδάφιο
 Σχήμα 3.27. Περιοχή πλέξης μεταξύ οδοστρώματος αρτηρίας και οδοστρώματος συνδετήριων κλάδων (Τύπος V) [4].



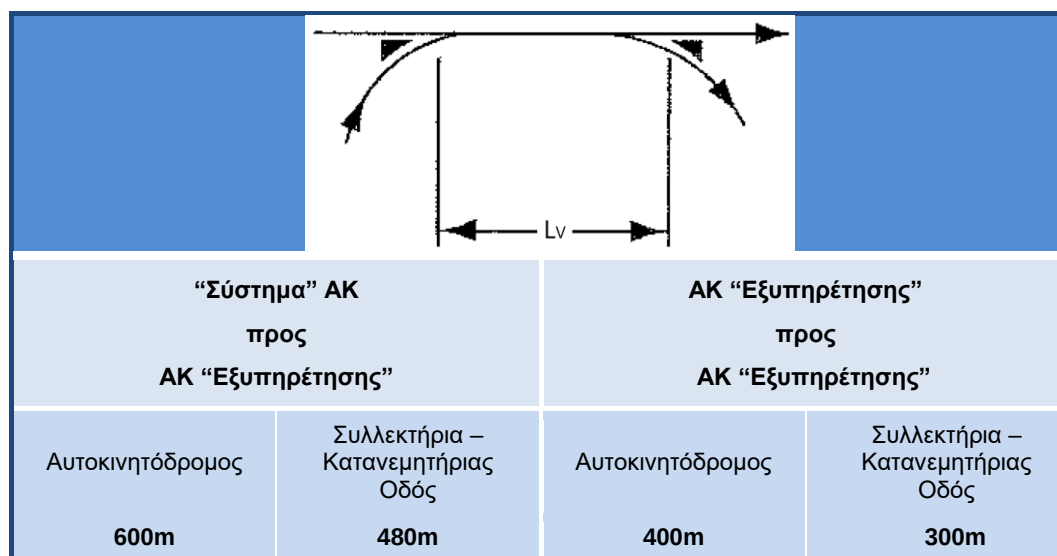
Σημείωση: Περισσότερα στοιχεία για τους τύπους διατομών Q1, Q2 και Q3 δίδονται σε επόμενο εδάφιο
 Σχήμα 3.28. Περιοχή πλέξης μεταξύ των οδοστρωμάτων των συνδετήριων κλάδων (Τύπος VR) [4].

Τα ελάχιστα αποδεκτά μήκη πλέξης L_v για τους παραπάνω τύπους που φαίνονται στον Πίνακα 3.3, παρέχουν μια πρώτη προσέγγιση. Σε κάθε περίπτωση, ακριβέστερη τεκμηρίωση δύναται να προκύψει μέσω προσομοίωσης των κυκλοφοριακών ροών.

Τύπος Πλέξης	Θέση Περιοχής Πλέξης	
	Οδόστρωμα Αρτηρίας	Οδόστρωμα Συνδ. Κλάδων
Περίπτωση (α) 		VR1 $L_V=200m$ $L_V=180m$ ($V_{επτρ}=80km/h$) • Συλλ.– Κατ. Οδός σε ΑΚ Μορφής “Τριφύλλι”
Περίπτωση (β) 	V1 (ΕΚΑ 2 και ΕΚΑ 3) $L_V=250m$ $L_V=200m$ ($V_{επτρ}=100km/h$) $L_V=180m$ ($V_{επτρ}=80km/h$) • ΑΚ Μορφής “Τριφύλλι”	V1 $L_V=250m$ $L_V=200m$ ($V_{επτρ}=100km/h$) • Συλλ.– Κατ. Οδός σε $\geq 3AK$ με χαμηλούς φόρτους στη δεξιά κύρια λωρίδα
Περίπτωση (γ) 		V2 $L_V=300m$ $L_V=250m$ ($V_{επτρ}=100km/h$) $L_V=200m$ ($V_{επτρ}=80km/h$) • Συλλ.– Κατ. Οδός μεταξύ 2AK VR2 $L_V=250m$ $L_V=200m$ ($V_{επτρ}=100km/h$) • Συνδ. Κλάδοι με χαμηλούς φόρτους στην αριστερή κύρια λωρίδα
Περίπτωση (δ) 	V2 (ΕΚΑ 2 και ΕΚΑ 3) $L_V=300m$ $L_V=250m$ ($V_{επτρ}=100km/h$) $L_V=200m$ ($V_{επτρ}=80km/h$) • μεταξύ 2AK V2 (ΕΚΑ 3) $L_V=180m$ ($V_{επτρ}=60km/h$) • μεταξύ 2AK	V2 $L_V=300m$ $L_V=250m$ ($V_{επτρ}=100km/h$) $L_V=200m$ ($V_{επτρ}=80km/h$) • Συλλ.– Κατ. Οδός σε $\geq 3AK$ • Συνδ. Κλάδοι σε σύνθετους ΑΚ

Πίνακας 3.3. Ελάχιστα αποδεκτά μήκη πλέξης ανά τύπο πλέξης [4].

Το αντίστοιχο ελάχιστο αποδεκτό μήκος πλέξης L_V , με βάση τις Αμερικάνικες οδηγίες AASHTO, 2011 ανάλογα με το λειτουργικό χαρακτήρα των οδών που αλληλοεπιδρούν αλλά και το είδος του ανισόπεδου κόμβου κατά την ίδια διαδικασία, δίδεται στον Πίνακα 3.4. Δεδομένου ότι και η παρούσα προσέγγιση βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, πιο ολοκληρωμένη ανάλυση παρέχεται μέσω του Εγχειριδίου Ικανότητας Οδού (Highway Capacity Manual).



Πίνακας 3.4. Ελάχιστη απόσταση διαδοχικών συνδετήριων κλάδων για αποδεκτό μήκος πλέξης [7].

3.4 Επιλογή Ανισόπεδου Κόμβου

Οι ανισόπεδοι κόμβοι σε υπεραστικό περιβάλλον, κατά κανόνα απέχουν ικανές αποστάσεις μεταξύ τους και γενικά σχεδιάζονται ανά περίπτωση και μεμονωμένα χωρίς επιρροή από άλλους ανισόπεδους κόμβους.

Η επιλογή της μορφής υπεραστικών ανισόπεδων κόμβων, πέρα από τις βασικές δεσμεύσεις που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες (συνέχεια, ομοιομορφία, αποφυγή πλέξεων κλπ.) εξαρτάται επιπλέον από το ανάγλυφο του εδάφους (ιδιαίτερα σε ορεινές περιοχές), την επιθυμητή στάθμη λειτουργίας σε σχέση με την κατηγορία των προς σύνδεση οδών (ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος), τον προσδιορισμό των βασικών προς εξυπηρέτηση κινήσεων, αλλά και το κόστος.

Σε αστικό περιβάλλον, οι αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων είναι κατά κανόνα μικρές με αποτέλεσμα η λειτουργία τους να επηρεάζεται από τη θέση των εκατέρωθεν ανισόπεδων κόμβων. Κατά συνέπεια η επιλογή του κατάλληλου τύπου ΑΚ σε αστικό περιβάλλον προϋποθέτει ευρεία αξιολόγηση των τοπικών συνθηκών. Σε μεμονωμένους αστικούς ΑΚ ισχύουν γενικά τα κριτήρια που αφορούν στους υπεραστικούς ανισόπεδους κόμβους.

Στον Πίνακα 3.5 φαίνεται αξιολόγηση μέσω διάφορων κριτηρίων των πιο χαρακτηριστικών τύπων αστικών ανισόπεδων κόμβων.

Μορφή ΑΚ	Κυκλοφορ. Ικανότητα	Καθυστερ. (Δευτ. Οδό)	Ποιότητα Ροής (Δευτ. Οδό)	Κυκλοφορία Πεζών – Ποδηλάτων (Δευτ. Οδό)	Κόστος Κατασκευής	Επιφάνεια Κατάληψης
“διαμάντι”	μέση	μέση	μέση	εύκολη	χαμηλό	μέση - χαμηλή
“διαμάντι” (στενό αστικό)	μέση	χαμηλή - μέση	καλή	εύκολη	χαμηλό	χαμηλή
“διαμάντι” (1 διασταύρ.)	μέση	μέση	πολύ καλή	δύσκολη	το πιο υψηλό	η πιο χαμηλή
“τριφύλλι” Α4	η πιο υψηλή	χαμηλή	μέση	εύκολη	μέσο	υψηλή
“τριφύλλι” Β4	μέση - υψηλή	χαμηλή	πολύ καλή	δύσκολη	μέσο	υψηλή
“τριφύλλι” ΑΒ2	μέση	μέση - υψηλή	μέση	εύκολη	μέσο	μέση - υψηλή

Πίνακας 3.5. Αξιολόγηση των πιο χαρακτηριστικών τύπων αστικών ανισόπεδων κόμβων [7].

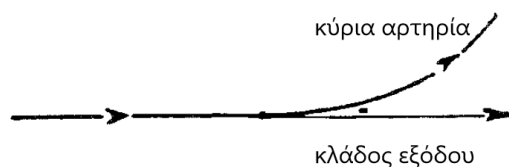
Αναφορικά με την επιλογή της μορφής ανισόπεδου κόμβου σε αστικές περιοχές, η μορφή πλήρους ή μερικού τετράφυλλου”, παρότι έχει υψηλή κυκλοφοριακή ικανότητα (δεν έχει διασταυρώσεις), συνήθως δεν ενδείκνυνται εξαιτίας του πρόσθετου κόστους απαλλοτριώσεων. Γενικά ο απλός ΑΚ μορφής “διαμάντι” αποτελεί την πλέον συνηθισμένη επιλογή. Παρόλα αυτά, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κυκλοφοριακή του ικανότητα είναι περιορισμένη στην εξυπηρέτηση αυξημένων φόρτων σε αριστερόστροφες κινήσεις. Στις περιπτώσεις αυτές είναι επιβεβλημένη η χρήση σηματοδότησης.

3.5 Γεωμετρικός Σχεδιασμός

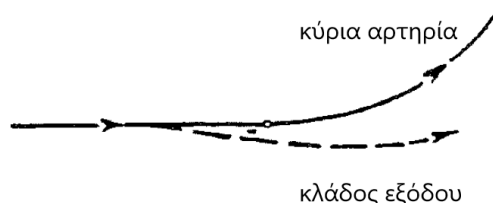
Οι ανισόπεδοι κόμβοι αποτελούνται από διάφορες επιμέρους περιοχές (πρωτεύοντα οδοστρώματα, συνδετήριοι κλάδοι εισόδου – εξόδου, βοηθητικές λωρίδες, λωρίδες αλλαγής ταχύτητας κ.λπ.), όπου η κάθε μία από αυτές απαιτεί ιδιαίτερους ελιγμούς από τους οδηγούς.

Σε ό,τι αφορά στο πρωτεύον (διερχόμενο ή κύριο) οδόστρωμα σε γενικές γραμμές ο γεωμετρικός σχεδιασμός δεν μεταβάλλεται. Με βάση τις RAA, 2008 στη περιοχή επιρροής των ανισόπεδων κόμβων, πρέπει να τηρούνται κάποιες πρόσθετες οδηγίες, οι οποίες συνοψίζονται στα εξής:

- Οι παράμετροι σχεδιασμού της κύριας αρτηρίας θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες από τις οριακές τιμές
- Οι περιοχές εισόδου - εξόδου κατά προτίμηση να σχεδιάζονται σε ευθυγραμμίες
- Η κατά μήκος κλίση της κύριας αρτηρίας να μην υπερβαίνει το 3%
- Όταν το επιτρέπουν οι συνθήκες, είναι προτιμότερος ο υποβιβασμός της κύριας αρτηρίας έναντι της δευτερεύουσας καθώς υποβοηθάται η επιβράδυνση και η επιτάχυνση στις περιοχές εξόδου και εισόδου αντίστοιχα
- Στις περιοχές εξόδου
 - στην περιοχή αιχμής της επιφάνειας αποκλεισμού να προβλέπεται γωνία στροφής τουλάχιστον 12g με το πρωτεύον οδόστρωμα
 - προκειμένου να υπάρχουν ικανά αποθέματα εφαιπτομενικής τριβής σε περίπτωση πέδησης
 - στους αυτοκινητόδρομους κλάσης EKA 2, $R_{min}=800m$
 - στους αυτοκινητόδρομους κλάσης EKA 3, $R_{min}=400m$
 - όταν η γεωμετρία της κύριας αρτηρίας είναι αριστερόστροφη, η χάραξη του συνδετήριου κλάδου δεν θα πρέπει να είναι εφαιπτομενική, αλλά να σχεδιάζεται με δεξιόστροφη καμπύλη (Σχήμα 3.29)
 - προκειμένου ο οδηγός να έχει διευρυμένο πεδίο ορατότητας
 - στις περιπτώσεις που δεν υποβιβάζεται η κύρια αρτηρία έναντι της δευτερεύουσας τα κυρτά υψομετρικά τόξα που εφαρμόζονται πρέπει να είναι μικρής καμπυλότητας [Σχήμα 3.30(α,β)]
 - στις περιπτώσεις που υποβιβάζεται η κύρια αρτηρία έναντι της δευτερεύουσας τα κοίλα υψομετρικά τόξα που εφαρμόζονται παρέχουν επαρκή εποπτεία της διάταξης του κόμβου (Σχήμα 3.30γ)
- Στις περιοχές εισόδου
 - στην περιοχή αιχμής της επιφάνειας αποκλεισμού ο συνδετήριος κλάδος να συμβάλλει με μικρή γωνία (3g – 5g)
 - προκειμένου να παρέχεται ικανοποιητική εποπτεία της διάταξης
 - στους αυτοκινητόδρομους κλάσης EKA 2, $R_{min}=800m$
 - στους αυτοκινητόδρομους κλάσης EKA 3, $R_{min}=400m$
- Στις περιοχές εισόδου - εξόδου
 - δεδομένων των διαφορετικών εφαρμοζόμενων τιμών στις επικλίσεις, μεταξύ του οδοστρώματος της κύριας αρτηρίας, της λωρίδας εισόδου – εξόδου αλλά και της επιφάνειας αποκλεισμού (διαγράμμιση), επιτρέπεται η δημιουργία θάλασης, η αλγεβρική διαφορά της οποίας όμως θα πρέπει να είναι έως 5.0%

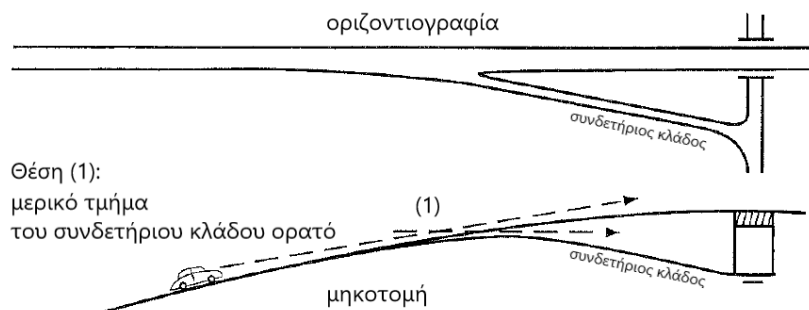


(α) διάταξη εξόδου προς αποφυγή

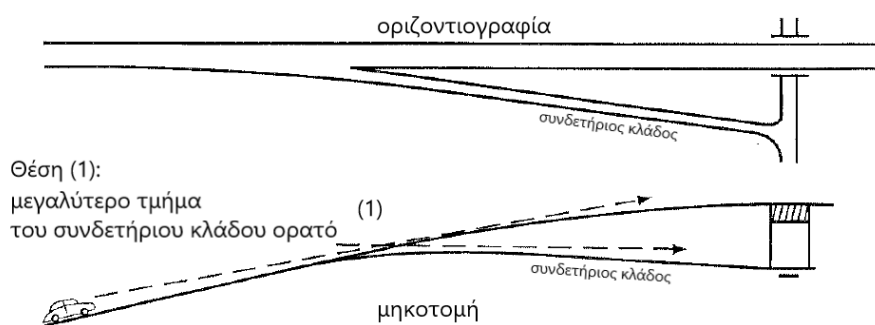


(β) διάταξη εξόδου κατάλληλη προς εφαρμογή

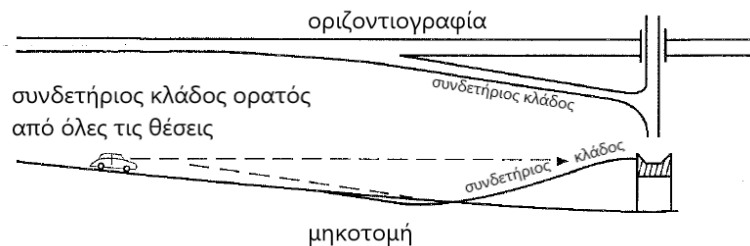
Σχήμα 3.29. Σχεδιασμός κλάδου εξόδου σε αριστερόστροφη καμπύλη αρτηρίας [7].



(α) διάταξη εξόδου προς αποφυγή (κυρτό τόξο μεγάλης καμπυλότητας)



(β) διάταξη εξόδου προς εφαρμογή (κυρτό τόξο μικρής καμπυλότητας με επαύξηση του μήκους του συνδετήριου κλάδου)



(γ) διάταξη εξόδου προς εφαρμογή (κοίλο τόξο)

Σχήμα 3.30. Σχεδιασμός κλάδου εξόδου υψομετρικά [7].

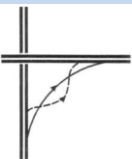
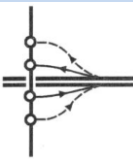
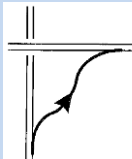
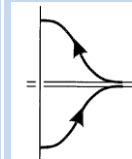
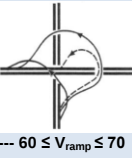
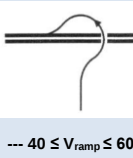
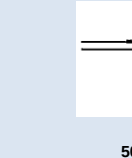
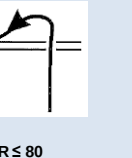
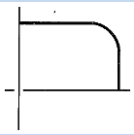
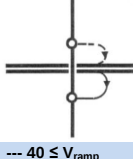
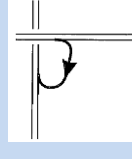
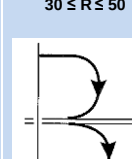
3.5.1 Ταχύτητες Συνδετήριων Κλάδων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, με βάση τη σημασία των προς σύνδεση οδών, τους προς εξυπηρέτηση φόρτους αλλά και τις επιθυμητές στάθμες ταχυτήτων, οι ανισόπεδοι κόμβοι διαχωρίζονται σε “Σύστημα” ΑΚ και ΑΚ “Εξυπηρέτησης”. Οι συνδετήριοι κλάδοι μεταξύ των υπόψη οδών δύνανται να είναι κατευθυντήριοι (άμεση εξυπηρέτηση δεξιόστροφων κινήσεων), ημι-κατευθυντήριοι (εξυπηρέτηση αριστερόστροφων κινήσεων) και έμμεσης μορφής (βρόγχοι).

Οι παραπάνω τύποι συνδετήριων κλάδων, διακρίνονται ως προς το είδος της σύνδεσης σε ομάδες. Διακρίνονται δύο ομάδες συνδετήριων κλάδων:

- Ομάδα I (αυτοκινητόδρομος προς αυτοκινητόδρομο)
Αρχίζουν σε περιοχή εξόδου και καταλήγουν σε περιοχή εισόδου, όπου περιλαμβάνονται και τα κατανεμητήρια οδοστρώματα
- Ομάδα II (αυτοκινητ/μος προς δευτερεύουσα οδό ή δευτερεύουσα οδός προς αυτοκινητ/μο)
Αρχίζουν σε περιοχή εξόδου και καταλήγουν σε ισόπεδο κόμβο στην δευτερεύουσα οδό ή αντίστοιχα από ισόπεδο κόμβο καταλήγουν σε περιοχή εισόδου

Στον Πίνακα 3.6 φαίνεται η συνιστώμενη ταχύτητα (V_{ramp}) σχεδιασμού (αυτοκινητόδρομοι) και ελάχιστη ακτίνα (R_{min}) στην οριζοντιογραφία (υπεραστικές οδοί) συνδετήριων κλάδων ως προς τους δυνατούς συνδυασμούς τύπου και ομάδας.

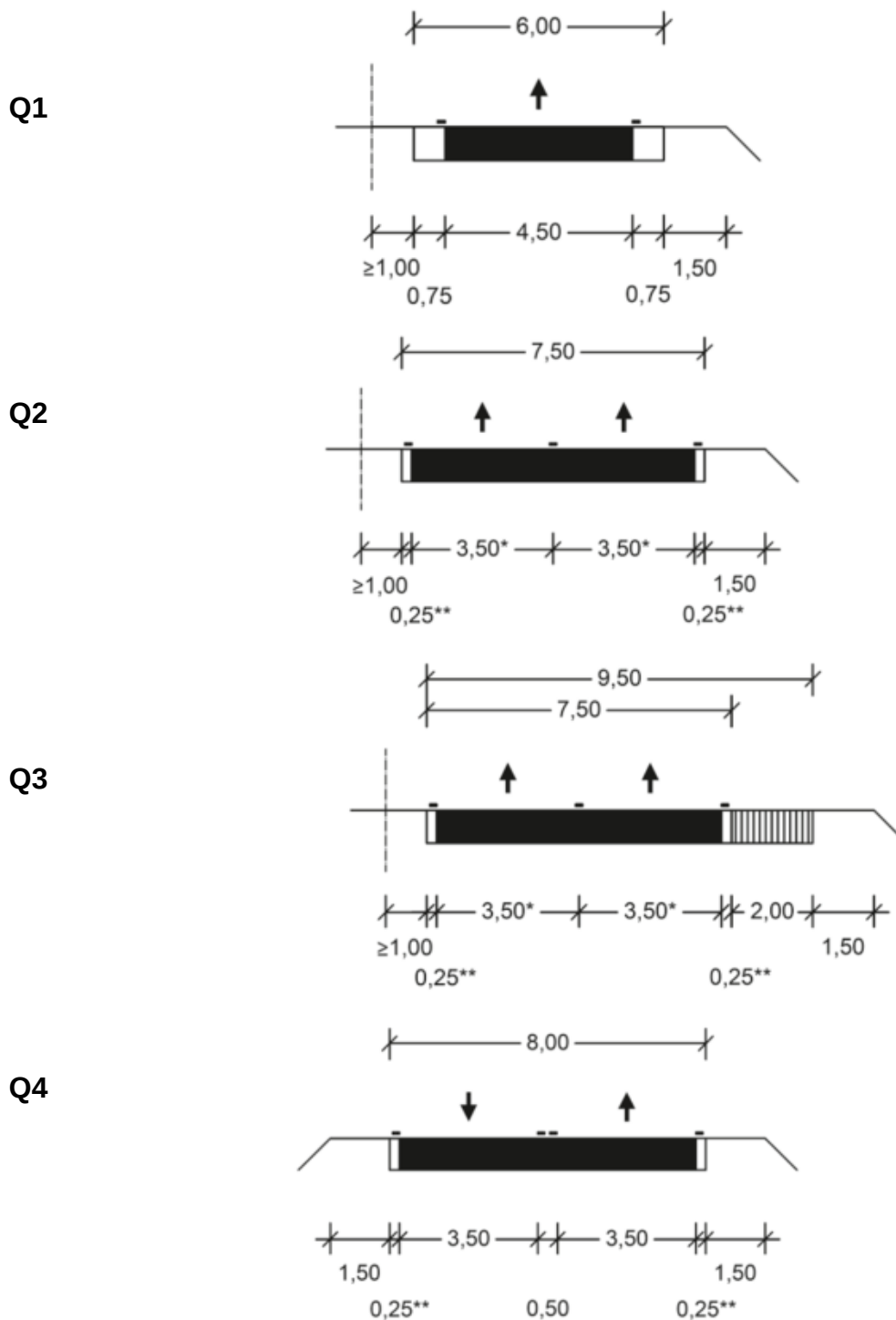
Τύπος Συνδετήριου Κλάδου	Αυτοκινητόδρομοι		Υπεραστικές Οδοί		
	Ομάδα I	Ομάδα II	ΑΚ	Ημι - ΑΚ	Μερικώς ΑΚ
Κατευθυντήριος	 --- $60 \leq V_{\text{ramp}} \leq 80$ -- $50 \leq V_{\text{ramp}} \leq 60$	 --- $80 \leq V_{\text{ramp}}$ -- $40 \leq V_{\text{ramp}} \leq 80$	 $60 \leq R \leq 80$	 $50 \leq R \leq 80$	
Ημι - Κατευθυντήριος	 --- $60 \leq V_{\text{ramp}} \leq 70$ -- $40 \leq V_{\text{ramp}} \leq 60$	 --- $40 \leq V_{\text{ramp}} \leq 60$	 $50 \leq R \leq 80$	 $40 \leq R \leq 50$	 $40 \leq R \leq 50$
Βρόγχος	 --- $40 \leq V_{\text{ramp}} \leq 50$ -- $30 \leq V_{\text{ramp}} \leq 50$ (είσοδος) - $40 \leq V_{\text{ramp}} \leq 50$ (έξοδος)	 --- $40 \leq V_{\text{ramp}}$ -- $30 \leq V_{\text{ramp}} \leq 40$	 $40 \leq R \leq 50$	 $30 \leq R \leq 50$ $40 \leq R \leq 50$	

Σημείωση. Η ενιαία γραμμή αφορά σε τεταμένες χαράξεις και εφαρμόζεται στις οδούς κλάσης ΕΚΑ 1
Πίνακας 3.6. Συνιστώμενη ταχύτητα σχεδιασμού (V_{ramp}) και ελάχιστες ακτίνες συνδετήριων κλάδων [4].

3.5.2 Διατομές Συνδετήριων Κλάδων

Το πλήθος των λωρίδων κυκλοφορίας στους συνδετήριους κλάδους καθορίζεται με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο. Στις περιπτώσεις αυξημένων μηκών συνδετήριων κλάδων (ημι-κατευθυντήριοι κλάδοι, κατανεμητήρια οδοστρώματα), η δυνατότητα προσπέρασης των βραδυπορούντων οχημάτων αποτελεί πρόσθετο κριτήριο για τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας.

Στο Σχήμα 3.31 απεικονίζονται οι τυπικές διατομές συνδετήριων κλάδων κατά RAA, 2008.



Σημείωση. * Στις οδούς κλάσης ΕΚΑ 3 με συνθήκες στενότητας χώρου, σε ευθυγραμμίες δύναται να εφαρμοστεί μειωμένο πλάτος λωρίδας 3.25m.

** Σε περιοχές γεφυρών 0.50m.

Σχήμα 3.31. Τυπικές διατομές συνδετήριων κλάδων [4].

Οι λωρίδες έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) περιορίζονται στην ομάδα ραμπών Ι. Εντός σηράγγων, οι ημι-κατευθυντήριοι και έμμεσης μορφής κλάδοι θα πρέπει για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας να έχουν πάντα ΛΕΑ. Στους αστικούς αυτοκινητόδρομους (ΕΚΑ 3), όταν υπάρχει στενότητα χώρου στις περιοχές πλέξης του καταναμητήριου οδοστρώματος, επιτρέπεται η κατάργηση της ΛΕΑ.

Ειδικότερα, για κάθε τυπική διατομή ισχύει:

- Q1
 - Ομάδα I
 $q_{\text{ramp}} \leq 1350 \text{ οχ}/24^{\text{h}}$, $L_{\text{ramp}} \leq 500\text{m}$
 - Ομάδα II
ξεχωριστή χάραξη συνδετήριων κλάδων εξόδου και εισόδου
με $L_{\text{παράλληλης όδευσης}} \leq 125 \text{ m}$
 - Εφαρμόζεται και κατά το σχεδιασμό ΑΚ σε υπεραστικές οδούς (RRQ1)
- Q2
 - Ομάδα I
 $q_{\text{ramp}} \leq 1350 \text{ οχ}/24^{\text{h}}$, $L_{\text{ramp}} > 500\text{m}$, σε περιοχές πλέξης δύο λωρίδων χωρίς ΛΕΑ
 - Ομάδα II
 $q_{\text{ramp}} > 1350 \text{ οχ}/24^{\text{h}}$
- Q3
 - Ομάδα I
 $q_{\text{ramp}} > 1350 \text{ οχ}/24^{\text{h}}$, σε περιοχές πλέξης δύο λωρίδων με ΛΕΑ
- Q4
 - Ομάδα II
κοινή χάραξη συνδετήριων κλάδων εξόδου και εισόδου
με $L_{\text{παράλληλης όδευσης}} > 125 \text{ m}$
 - Εφαρμόζεται και κατά το σχεδιασμό ΑΚ ή ΙΚ σε υπεραστικές οδούς (RRQ2) όπου:
 - πλάτος οδοστρώματος παραμένει 8.00m
 - πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας 3.25m
 - πλάτος εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης 0.50m

Στις περιοχές όπου συμβάλλουν ταυτόχρονα κλάδοι εισόδου και εξόδου, επιτρέπεται η εφαρμογή διαφορετικών τυπικών διατομών, αρκεί να διαχωρίζονται με κεντρική νησίδα πλάτους τουλάχιστον 2.00 m.

Στις τυπικές διατομές Q1 και Q2 οι απαιτούμενες στην περιοχή της εισόδου στενώσεις της διατομής υλοποιούνται μόνο με διαγράμμιση του οδοστρώματος.

3.5.3 Οριακές Τιμές Σχεδιασμού Συνδετήριων Κλάδων

Στους αυτοκινητόδρομους, η ευθυγραμμία μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς περιορισμό γενικά. Με εξαίρεση τα κατανεμητήρια οδοστρώματα, το μήκος παράλληλων συνδετήριων κλάδων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 300m, προκειμένου να μην προκαλείται η εντύπωση αυτόνομης οδού σε παράλληλη χάραξη.

Στις υπεραστικές οδούς, για τις εφαρμοζόμενες τιμές ακτίνων μεταξύ διαδοχικών κυκλικών τόξων στην οριζοντιογραφία θα πρέπει γενικά να ισχύει $R_1/R_2 < 1.5$.

Ο σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής στα κατανεμητήρια οδοστρώματα καθορίζεται κυρίως από το σχεδιασμό του παράλληλα κείμενου πρωτεύοντος οδοστρώματος, έτσι ώστε να υπάρχει μικρό μόνο περιθώριο αλλαγής της χάραξης.

Ως τόξα συναρμογής θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κλωθειδείς με παραμέτρους $R/3 \leq A < R$. Για το τόξο εισόδου που βρίσκεται στην περιοχή της αιχμής νησίδας, για λόγους αναγνωρισιμότητας της ακτίνας καμπύλης που έπεται, θα πρέπει να επιδιώκεται η χρήση κατά το δυνατόν μικρών παραμέτρων κλωθειδούς. Αντίθετα στους συνδετήριους κλάδους εξόδου έμμεσης μορφής (βρόγχοι) με ακτίνες κύριου τόξου $40\text{m} \leq R \leq 60 \text{ m}$, απαιτούνται συχνά παράμετροι κλωθειδούς $A \approx R$, για την περιστροφή του οδοστρώματος στο τόξο συναρμογής.

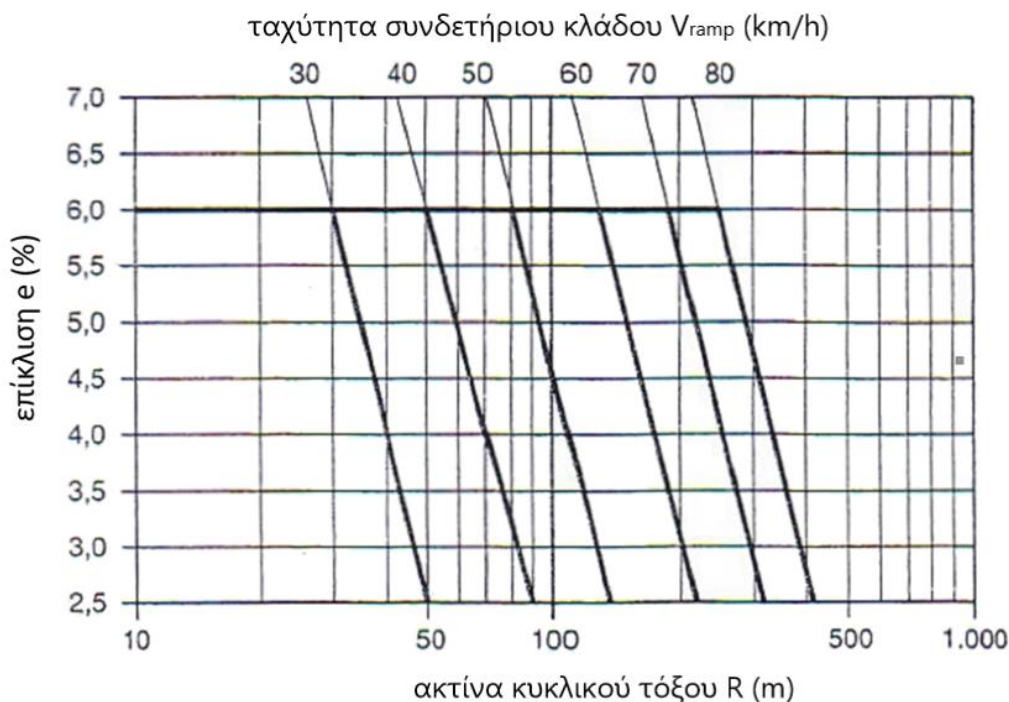
Στον Πίνακα 3.7 φαίνονται οι οριακές τιμές βασικών στοιχείων σχεδιασμού των συνδετήριων κλάδων στην περίπτωση αυτοκινητόδρομων.

Ως άξονας αναφοράς συνδετήριου κλάδου, τόσο για την περίπτωση σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας, όσο και για την περιστροφή του οδοστρώματος χρησιμοποιείται συνήθως η εξωτερική προς την αρτηρία οριογραμμή κυκλοφορίας.

Ταχύτητα V_{ramp} (km/h)	30	40	50	60	70	80
Ακτίνα Οριζοντιογραφίας R_{min} (m)	30	50	80	125	180	250
Ακτίνα Κυρτώματος $H_{\text{K min}}$ (m)	1000	1500	2000	2800	3000	3500
Ακτίνα Κοιλώματος $H_{\text{w min}}$ (m)	500	750	1000	1400	2000	2600
Μήκος Ορατότητας για Στάση S_{h} (m)	30	40	55	75	100	115
Μέγιστη Κλίση s_{max} (%)	+6.0 (4% σε σήραγγες)					
Ελάχιστη Κλίση s_{min} (%)	-7.0 (-4% σε σήραγγες)					
Ελάχιστη Επίκλιση e_{min} (%)	2.50					
Μέγιστη Επίκλιση e_{max} (%)	6.00					
Ελάχιστη Πρόσθετη Κλίση Υπερύψ. Οριογραμμών Δs_{min} (%)	0.1α (α: απόσταση άξονα περιστροφής από οριογραμμή κυκλοφορίας)					
Μέγιστη Σύνθετη Κλίση p (%)	9.0					

Πίνακας 3.7. Οριακές τιμές παραμέτρων σχεδιασμού συνδετήριων κλάδων σε αυτοκινητόδρομους [4].

Το οδόστρωμα σε όλους τους τύπους συνδετήριων κλάδων παρουσιάζει μονοκλινή επίκλιση. Αρνητική επίκλιση -2.5% με κατεύθυνση προς την εξωτερική πλευρά της καμπύλης επιτρέπεται σε εξαιρετικές περιπτώσεις όπου επιβάλλεται $R \geq 1000\text{m}$. Η τήρηση μέγιστη κλίση υπερύψωσης οριογραμμών (Δs_{max}) δεν είναι απαραίτητη μόνο για τους αυτοκινητόδρομους. Στις υπεραστικές οδούς ισχύει $\Delta s_{\text{max}}=2.0\%$. Στο Σχήμα 3.32 απεικονίζεται ο τρόπος προσδιορισμού επίκλισης σε κυκλικό τόξο συνδετήριου κλάδου.



Σχήμα 3.32. Προσδιορισμός επίκλισης σε κυκλικό τόξο συνδετήριου κλάδου [4].

Σε ό,τι αφορά στην αναγκαιότητα διαπλάτυνσης, η αυξημένη επιφάνεια οδοστρώματος που διατίθεται σε συνδετήριους κλάδους κατά την εφαρμογή τυπικής διατομής Q1 γενικά επαρκεί. Κατά συνέπεια, η όποια αναγκαιότητα διαπλάτυνσης πρέπει να διερευνάται ανά περίπτωση (όχημα σχεδιασμού, ακτίνα κυκλικού τόξου, κλπ.) στις τυπικές διατομές Q2, Q3 και Q4.

Στον Πίνακα 3.8 απεικονίζονται οι οριακές τιμές βασικών στοιχείων σχεδιασμού των συνδετήριων κλάδων στην περίπτωση υπεραστικών οδών.

Ακτίνα Οριζοντιογραφίας R (m)	30	40	50	60	80
Ακτίνα Κυρτώματος $H_{k \min}$ (m)	1000	1250	1500	1750	2000
Ακτίνα Κοιλώματος $H_{w \min}$ (m)	500	625	750	850	1000
Μήκος Ορατότητας για Στάση S_h (m)	30	35	40	45	55
Μέγιστη Κλίση $s_{\max}$ (%)	+6.0				
Ελάχιστη Κλίση $s_{\min}$ (%)	-7.0				
Ελάχιστη Επίκλιση $e_{\min}$ (%)	2.50				
Μέγιστη Επίκλιση $e_{\max}$ (%)	6.00				
Ελάχιστη Πρόσθετη Κλίση Υπερύψ. Οριογραμμών $\Delta s_{\min}$ (%)	0.1α (α: απόσταση άξονα περιστροφής από οριογραμμή κυκλοφορίας)				
Μέγιστη Πρόσθετη Κλίση Υπερύψ. Οριογραμμών $\Delta s_{\max}$ (%)	2.0				
Μέγιστη Σύνθετη Κλίση p (%)	10.0				
Διαπλάτυνση σε Καμπύλες RRQ 2 (m)	2.00	1.00	0.50	-	-

Πίνακας 3.8. Οριακές τιμές παραμέτρων σχεδιασμού συνδετήριων κλάδων σε υπεραστικές οδούς [4].

Τέλος, σε αντιστοιχία με τα συμβατικά τμήματα οδών, θα πρέπει να διερευνάται τρισδιάστατα η επάρκεια ορατότητας για στάση σε κάθε σημείο του συνδετήριου κλάδου, προκειμένου το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση να είναι πάντα μικρότερο του αντίστοιχου διατιθέμενου.

3.5.4 Περιοχή Εξόδου Συνδετήριων Κλάδων

Ο σχεδιασμός των συνδετήριων κλάδων εξόδου αποτελεί ένα συνδυασμό έγκαιρης αναγνώρισης, επαρκούς κυκλοφοριακής ικανότητας και ταυτόχρονα ασφαλούς καθοδήγησης των οχημάτων στην περιοχή μερισμού. Για το λόγο αυτό, σε ικανή απόσταση πριν την έξοδο, σχεδιάζεται πρόσθετη λωρίδα (ή πρόσθετες λωρίδες), ώστε το εξερχόμενο από την αρτηρία όχημα να μπορεί να επιβραδύνει με ασφάλεια στην επιθυμητή ταχύτητα σχεδιασμού του συνδετήριου κλάδου, χωρίς εμπλοκή με τη διερχόμενη κυκλοφορία. Η λωρίδα αυτή ονομάζεται λωρίδα επιβράδυνσης και σχεδιάζεται παράλληλα με την αρτηρία.

Οι λωρίδες επιβράδυνσης στους αυτοκινητόδρομους έχουν το ίδιο πλάτος με την αμέσως γειτονική διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας. Το αντίστοιχο πλάτος της λωρίδας επιβράδυνσης στις υπεραστικές οδούς είναι 3.50m. Το πλάτος της εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης και στις δύο περιπτώσεις είναι 0.50m. ΛΕΑ (2.50m) επί της λωρίδας επιβράδυνσης (αυτοκινητόδρομοι) εφαρμόζεται μόνο όταν προβλέπεται και στην τυπική διατομή του συνδετήριου κλάδου. Το πλάτος του ερείσματος στην αντίθετη περίπτωση πρέπει να είναι τουλάχιστον 2.00m.

Στους αυτοκινητόδρομους η αιχμή της νησίδας στο πέρας της διαγραμμισμένης επιφάνειας (επιφάνειας αποκλεισμού) έχει πλάτος 1.50m και στρογγυλεύεται ($R=0.75m$) μόνον όταν κατ' εξαίρεση περιβάλλεται από κράσπεδα. Στις υπεραστικές οδούς η αντίστοιχη αιχμή έχει πλάτος 2.00m

Το μήκος των λωρίδων επιβράδυνσης στους αυτοκινητόδρομους εξαρτάται από:

- Τον αριθμό των λωρίδων στην αρτηρία
- Το ποσοστό κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων
- Τον κυκλοφοριακό φόρτο της στρέφουσας κίνησης

Οι περιοχές εξόδου διαμορφώνονται με βάση τυπικές διαμορφώσεις οι οποίες αφορούν στους εξής διακριτούς τύπους:

- Έξοδοι από αυτοκινητόδρομους – τύπος A (Σχήμα 3.33α και Σχήμα 3.33β)
- Έξοδος από υπεραστική οδό (Σχήμα 3.34)
- Έξοδοι σε συνέχεια συνδετήριων κλάδων – τύπος AR (Σχήμα 3.35)

Τα μήκη επιβράδυνσης ποικίλλουν ανά τύπο εξόδου και κλάση σχεδιασμού (Πίνακας 3.9).

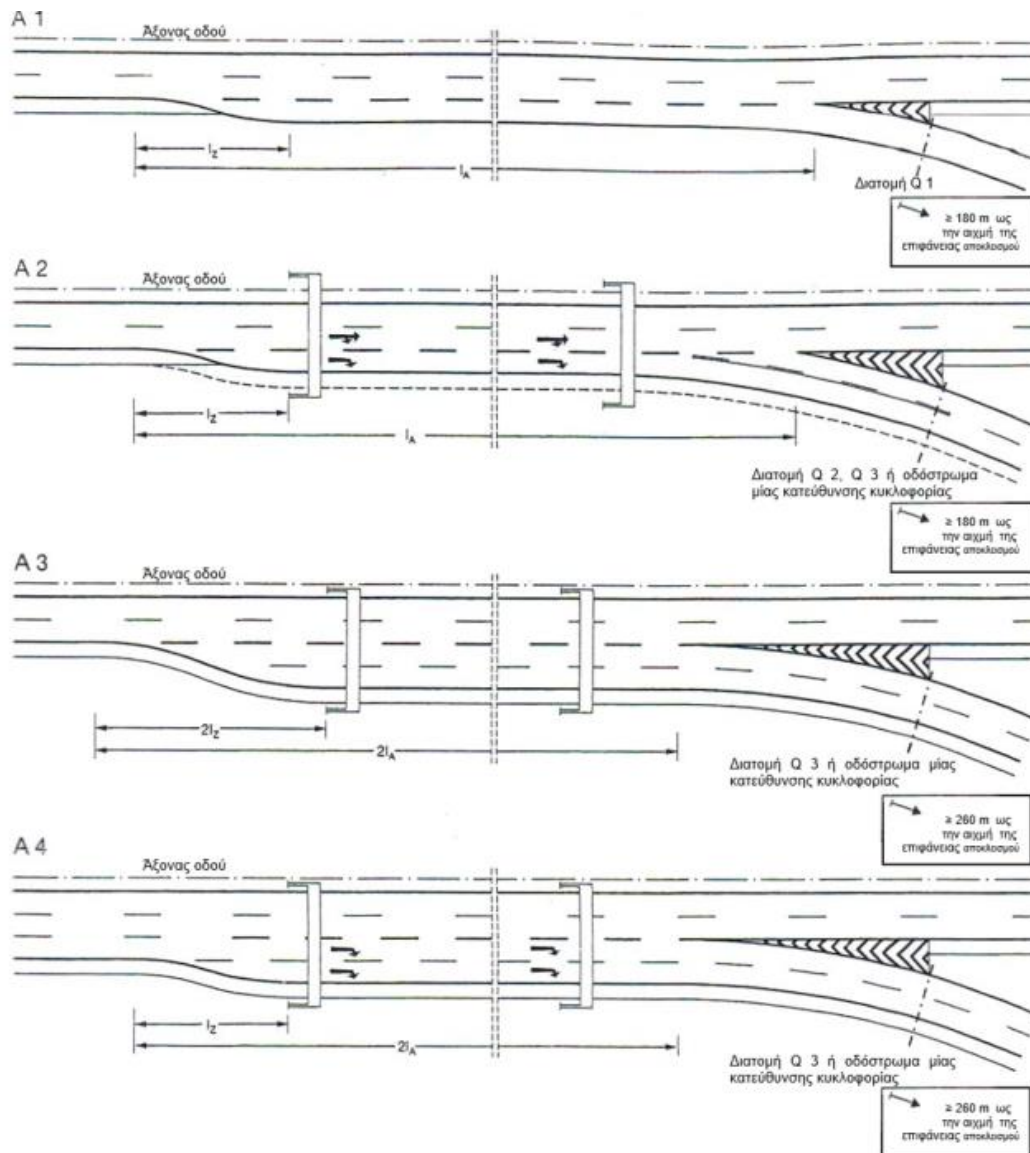
μήκος	τύπος εισόδου	ΕΚΑ 1 / ΕΚΑ 2	ΕΚΑ3	υπεραστικές οδοί
I_A (m)	Όλοι οι τύποι A	250	150	150 (1 λωρίδα) 200 (2 λωρίδες)
	AR1, AR3 (Q2), AR4 (Q2)	150	100	
	AR1*	-	100	
	AR3 (Q3), AR4 (Q3)	200	125	
I_Z (m)	Όλοι οι τύποι	60	30	30

Πίνακας 3.9. Μήκη λωρίδων επιβράδυνσης ανά τύπο εξόδου [4].

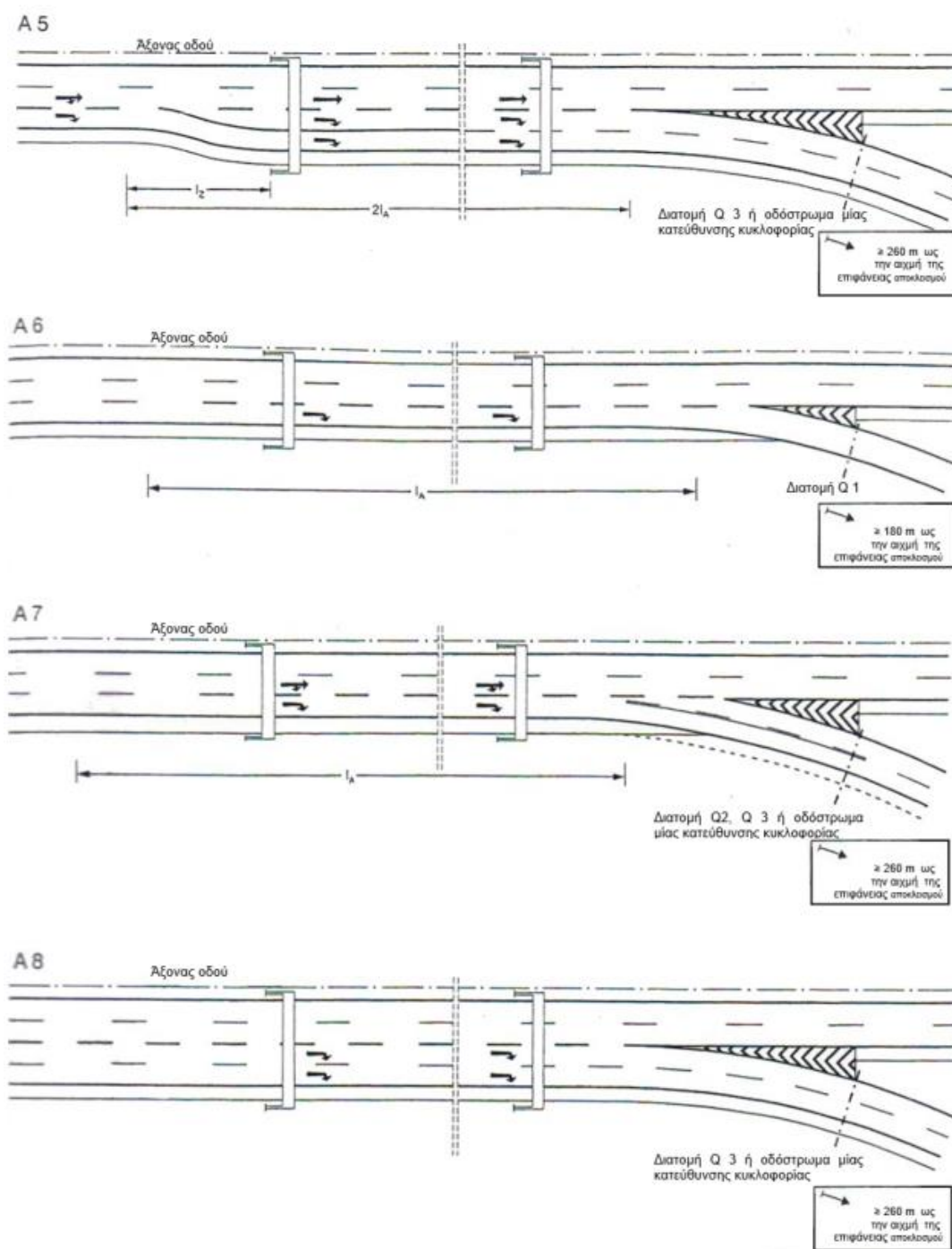
Ειδικότερα, ο τύπος A επιμέρους διαχωρίζεται σε:

- A1
Αφορά σε ζώνη επιβράδυνσης μιας λωρίδας κυκλοφορίας, κλάδο εξόδου με μία λωρίδα κυκλοφορίας (Q1) και φόρτο $<1350\text{οχ/h}$.
- A2
Αφορά σε ζώνη επιβράδυνσης μιας λωρίδας κυκλοφορίας, κλάδο εξόδου δύο λωρίδων κυκλοφορίας και φόρτο μεταξύ $1350\text{οχ/h} - 2300\text{οχ/h}$. Χρησιμοποιείται επίσης εναλλακτικά της περίπτωσης A1 στους κλάδους αυξημένου μήκους.
- A3
Αφορά σε ζώνη επιβράδυνσης δύο λωρίδων κυκλοφορίας, κλάδο εξόδου δύο λωρίδων κυκλοφορίας και φόρτο $>2300\text{οχ/h}$.
- A4
Αφορά σε ζώνη επιβράδυνσης δύο λωρίδων κυκλοφορίας, κλάδο εξόδου δύο λωρίδων κυκλοφορίας και φόρτο $>1350\text{οχ/h}$. Επιλέγεται όταν μειώνεται ο αριθμός των βασικών λωρίδων της αρτηρίας κατά μία, όπου η αφαιρεθείσα λωρίδα κυκλοφορίας οδηγείται στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας του συνδετήριου κλάδου.
- A5
Αφορά σε ζώνη επιβράδυνσης δύο λωρίδων κυκλοφορίας, κλάδο εξόδου δύο λωρίδων κυκλοφορίας και φόρτο $>1350\text{οχ/h}$. Επιλέγεται όταν μειώνεται ο αριθμός των βασικών λωρίδων της αρτηρίας κατά μία, όπου η αφαιρεθείσα λωρίδα κυκλοφορίας οδηγείται στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας του συνδετήριου κλάδου.
- A6
Αφορά σε ζώνη επιβράδυνσης μιας λωρίδας κυκλοφορίας, κλάδο εξόδου μιας λωρίδας κυκλοφορίας και φόρτο $<1350\text{οχ/h}$. Επιλέγεται όταν μειώνεται ο αριθμός των βασικών λωρίδων της αρτηρίας κατά μία.

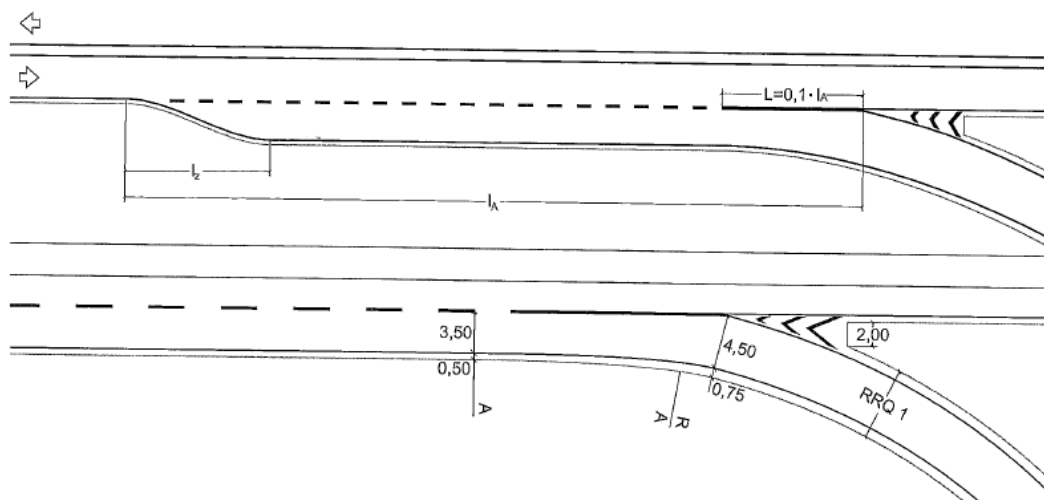
- A7
Ισχύει γενικά το ίδιο πεδίο εφαρμογής με την περίπτωση A5. Εφαρμόζεται στις περιπτώσεις επέκτασης υφιστάμενων αυτοκινητοδρόμων.
- A8
Εφαρμόζεται όταν ο αριθμός των 4 βασικών λωρίδων της αρτηρίας μειώνεται κατά δύο και η κατανομή στους φόρτους είναι ισοδύναμη.



Σχήμα 3.33α. Έξοδοι από αυτοκινητόδρομους – τύπος A [4].



Σχήμα 3.33β. Έξοδοι από αυτοκινητόδρομους – τύπος Α [4].



Σημείωση. Στο κάτω σχήμα απεικονίζονται λεπτομέρειες διαστασιολόγησης.
Σχήμα 3.34. Έξοδος από υπεραστική οδό [4].

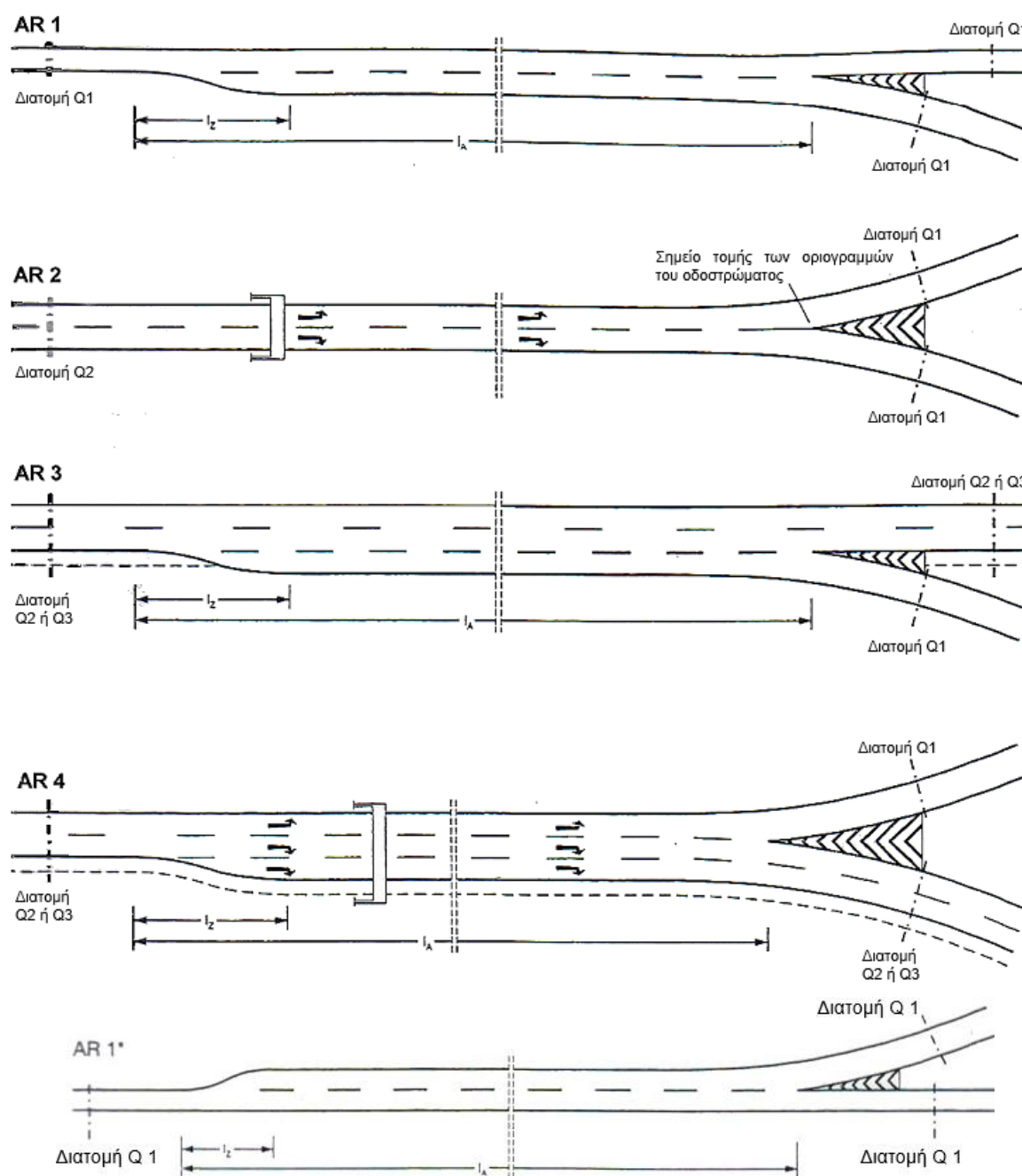
Τα όρια χρήσης του τύπου Α στις παραπάνω επιμέρους περιπτώσεις αναφορικά με τον αριθμό των βασικών λωρίδων της αρτηρίας πριν/μετά το συνδετήριο κλάδο καθώς και το φόρτο εξόδου, δίδεται στον Πίνακα 3.10.

απόσταση ως την επόμενη συμβολή	αριθμός βασικών λωρίδων κυκλοφορίας του πρωτεύοντος οδοστρώματος πριν/μετά την έξοδο	κυκλοφοριακός φόρτος εξόδου (οχ/h)		
		≤ 1350	≤ 2300	> 2300
≥ 250m (ή δεν υπάρχει περαιτέρω συμβολή)	2/2, 3/3, 4/4	A1, A2	A2	A3
	3/2, 4/3	A6, A7	A5	
	4/2	-	A8	
< 250m	2/2, 3/3, 4/4	A1	A3	
	3/2, 4/3	A6	A4	
	4/2	-	A8	

Πίνακας 3:10. Όρια χρήσης για τύπους εξόδων σε πρωτεύοντα οδοστρώματα [4].

Αντίστοιχα, ο τύπος AR αφορά στις εξής περιπτώσεις:

- AR1
Χρησιμοποιείται όταν και οι δύο συνδετήριοι κλάδοι συνεχίζουν με μια λωρίδα κυκλοφορίας.
- AR1*
Ανεστραμμένη γεωμετρικά παραλλαγή της περίπτωσης AR1. Χρησιμοποιείται γενικά στους αστικούς αυτοκινητόδρομους (ΕΚΑ3).
- AR2
Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που ενδείκνυται ο μερισμός του συνδετηρίου κλάδου (πχ. στην περίπτωση συναρμογής διανεμητηρίου οδοστρώματος).
- AR3
Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που ο υψηλότερος κυκλοφοριακός φόρτος μεταφέρεται στον αριστερό κλάδο.
- AR4
Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που ο υψηλότερος κυκλοφοριακός φόρτος μεταφέρεται στο δεξιό κλάδο.



Σχήμα 3.35. Έξοδοι από συνδετήριους κλάδους – τύπος AR [4].

3.5.5 Περιοχή Εισόδου Συνδετήριων Κλάδων

Βασική επιδίωξη στην περιοχή εισόδου συνδεδεμένων κλάδων είναι η επίτευξη τιμών ταχυτήτων κατά το δυνατό πιο κοντά στις αντίστοιχες ταχύτητες της κύριας αρτηρίας καθώς και η εξασφάλιση επαρκούς κυκλοφοριακής ικανότητας.

Μετά τη γεωμετρική συμβολή του συνδετήριου κλάδου εισόδου με την κύρια αρτηρία, ακολουθεί η λωρίδα επιτάχυνσης, μια πρόσθετη λωρίδα μέσω της οποίας το όχημα επιταχύνει προκειμένου να εισέλθει με ασφάλεια στην πρωτεύουσα οδό.

Σε αντιστοιχία με τις λωρίδες επιβράδυνσης, οι λωρίδες επιτάχυνσης, οι οποίες σχεδιάζεται παράλληλα με την αρτηρία, έχουν το ίδιο πλάτος με την άμεσα γειτνιάζουσα διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας στους αυτοκινητόδρομους και 3.50m στις υπεραστικές οδούς. Το πλάτος της εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης και στις δύο περιπτώσεις είναι 0.50m. ΛΕΑ (2.50m) επί της λωρίδας επιτάχυνσης

(αυτοκινητόδρομοι) προβλέπεται μόνο όταν αυτή σχεδιάζεται στην τυπική διατομή του συνδετήριου κλάδου. Το πλάτος του ερείσματος στην αντίθετη περίπτωση πρέπει να είναι τουλάχιστον 2.00m.

Η αιχμή της νησίδας στο πέρας της διαγραμμισμένης επιφάνειας (επιφάνειας αποκλεισμού) έχει και πάλι πλάτος 1.50m και στρογγυλεύεται ($R=0.75m$) μόνον όταν κατ' εξαίρεση περιβάλλεται από κράσπεδα στους αυτοκινητόδρομους και 2.00m στις υπεραστικές οδούς αντίστοιχα.

Οι περιοχές εισόδου διαμορφώνονται και πάλι με βάση τυποποιημένες διαμορφώσεις οι οποίες αφορούν σε δύο διακριτούς τύπους:

- Είσοδοι σε αυτοκινητόδρομους – τύπος E (Σχήμα 3.36 και Σχήμα 3.37)
- Είσοδος σε υπεραστική οδό (Σχήμα 3.38)
- Είσοδοι σε συνδετήριους κλάδους – τύπος ER (Σχήμα 3.23)

Τα μήκη επιτάχυνσης ποικίλλουν ανά τύπο εξόδου και κλάση σχεδιασμού (Πίνακας 3.11). Επισημαίνεται ότι στις περιπτώσεις που στην περιοχή εισόδου η κλίση της κύριας αρτηρίας είναι έντονα ανωφερική ($s>4\%$), ανάλογα με το ποσοστό κίνησης βαρέων οχημάτων και το όχημα σχεδιασμού, ενδεχομένως να απαιτηθεί επιμήκυνση της λωρίδας επιτάχυνσης.

μήκος	τύπος εισόδου	ΕΚΑ 1 / ΕΚΑ 2	ΕΚΑ3	υπεραστικές οδοί
l_E (m)	Όλοι οι τύποι E και E*	250	150	150 (1 λωρίδα)
	Όλοι οι τύποι EE			200 (2 λωρίδες)
	ER 1, ER 4, ER 3	150	100	
l_z (m)	Όλοι οι τύποι	60	30	30

Πίνακας 3.11. Μήκη λωρίδων επιτάχυνσης ανά τύπο εξόδου [4].

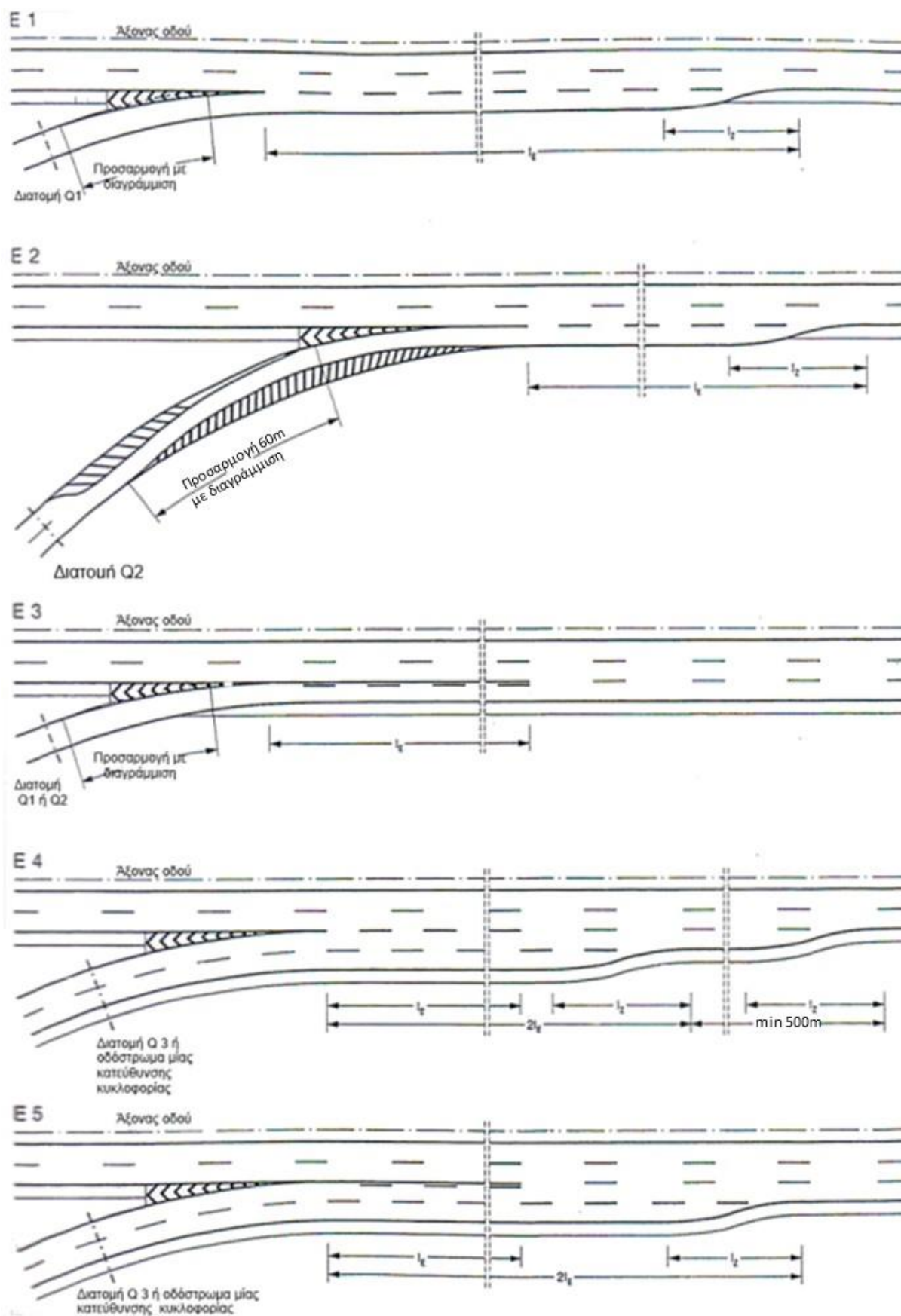
Ειδικότερα, ο τύπος E περιλαμβάνει τις εξής περιπτώσεις:

- E1
Αφορά σε κλάδο εισόδου με μία λωρίδα κυκλοφορίας (Q1) και ζώνη επιτάχυνσης μιας λωρίδας κυκλοφορίας.
- E2
Αφορά σε κλάδο εισόδου με δύο λωρίδες κυκλοφορίας (Q2) και ζώνη επιτάχυνσης μιας λωρίδας κυκλοφορίας. Η διατομή Q2 προσαρμόζεται σε μία λωρίδα κυκλοφορίας (πλάτος λωρίδας επιτάχυνσης), μέσω διαγράμμισης.
- E3
Αφορά σε κλάδο εισόδου με μία ή δύο λωρίδες κυκλοφορίας (Q1 ή Q2 αντίστοιχα) και ζώνη επιτάχυνσης μιας λωρίδας κυκλοφορίας. Επιλέγεται όταν ο φόρτος εισόδου είναι αυξημένος και για το λόγο αυτό αυξάνεται ο αριθμός των βασικών λωρίδων στην αρτηρία.
- E4
Αφορά σε κλάδο εισόδου με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ζώνη επιτάχυνσης με δύο λωρίδες κυκλοφορίας, όπου ο αριθμός των βασικών λωρίδων της αρτηρίας παραμένει σταθερός.
- E5
Αφορά σε κλάδο εισόδου με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ζώνη επιτάχυνσης με δύο λωρίδες κυκλοφορίας, όπου ο αριθμός των βασικών λωρίδων της αρτηρίας αυξάνεται κατά μία.

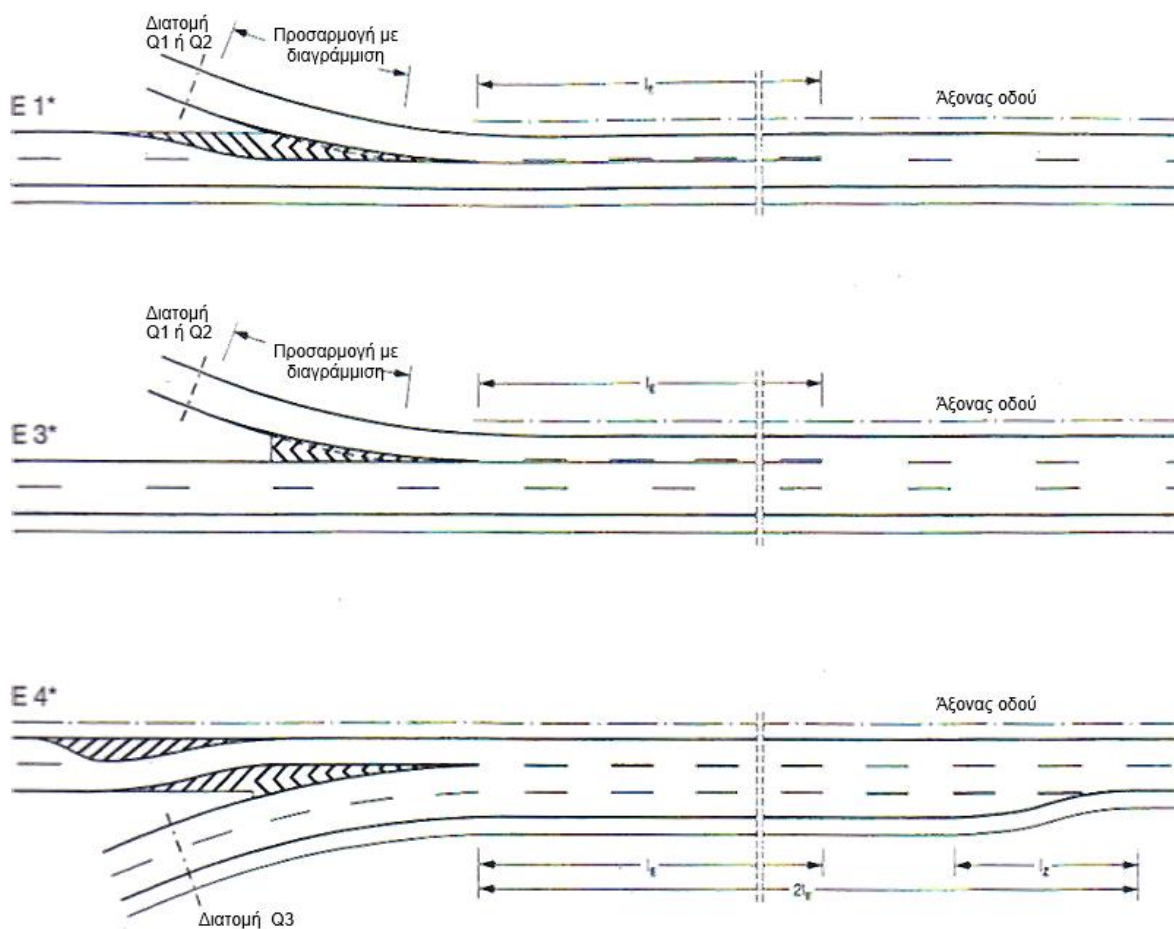
Στις περιπτώσεις αστικών αυτοκινητόδρομων (ΕΚΑ 3), εκτός των περιπτώσεων του τύπου E, δύναται να εφαρμοστούν είσοδοι από τα αριστερά με τη μορφή πρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας. Ειδικότερα στην περίπτωση E4* μειώνεται ο αριθμός των βασικών λωρίδων της αρτηρίας κατά μία (Σχήμα 3.37)

Αντίστοιχα, ο τύπος ER (Σχήμα 3.23), αφορά στις εξής περιπτώσεις:

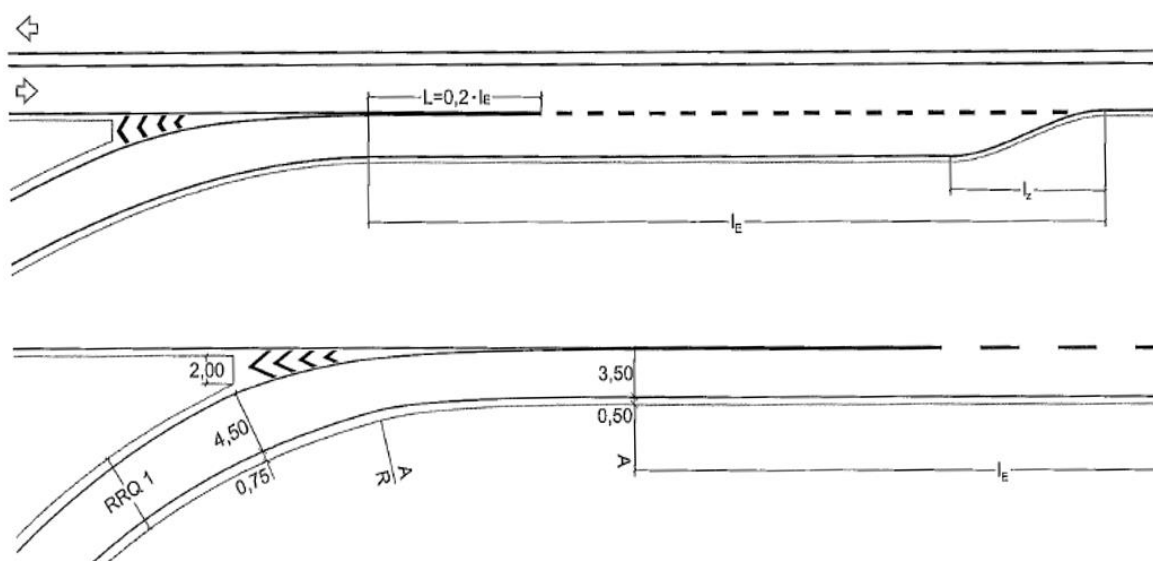
- ER1
Εφαρμόζεται όταν υπάρχει η δυνατότητα συνέχισης του συνδετήριου κλάδου με μία λωρίδα κυκλοφορίας μετά την είσοδο.
- ER2
Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου μετά τη συμβολή απαιτούνται δύο λωρίδες κυκλοφορίας.
- ER3
Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που σε συνδετήριο κλάδο δύο λωρίδων κυκλοφορίας συμβάλλει κλάδος με μικρότερο φόρτο
- ER4
Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που ο υψηλότερος κυκλοφοριακός φόρτος βρίσκεται στο δεξιά συμβάλλοντα συνδετήριο κλάδο.



Σχήμα 3.36. Είσοδοι σε αυτοκινητόδρομους – τύπος Ε [4].



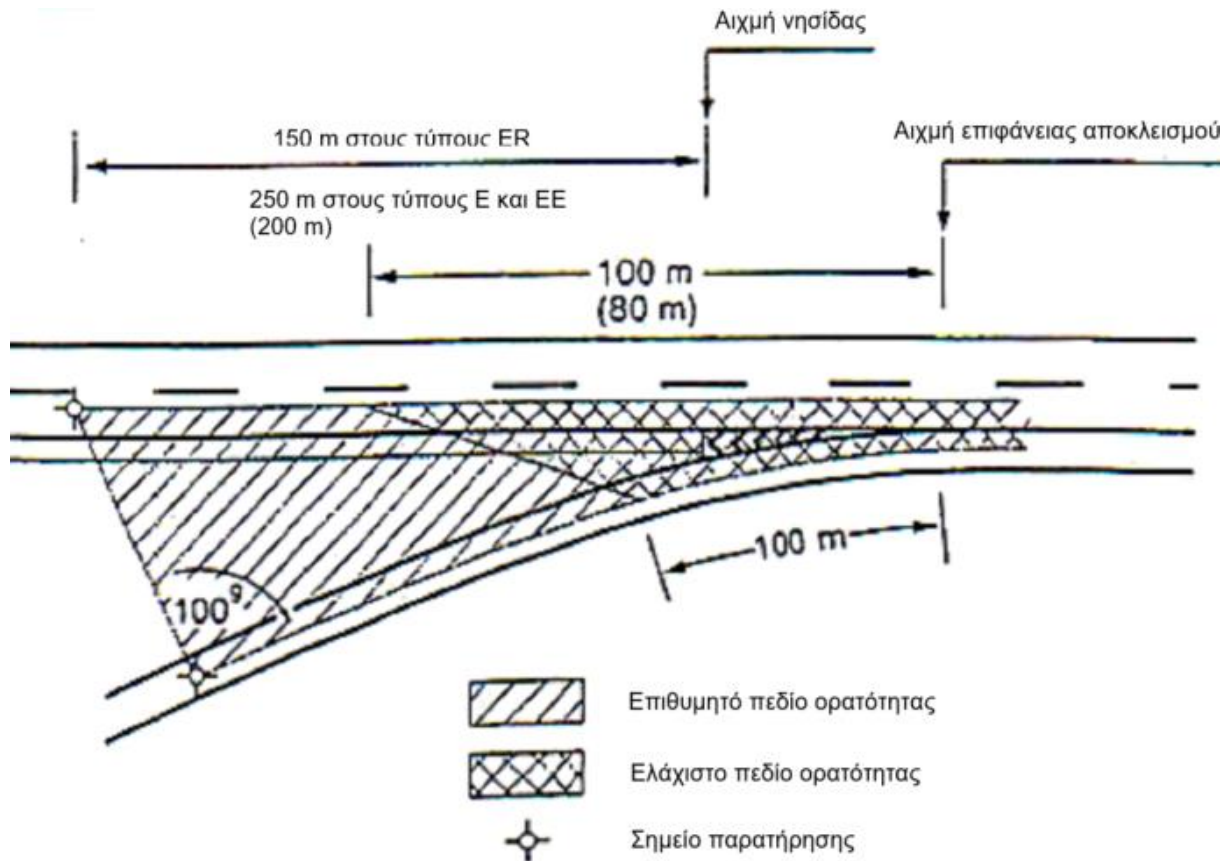
Σχήμα 3.37. Είσοδοι (εναλλακτικά) σε αστικούς αυτοκινητόδρομους (ΕΚΑ 3) – τύπος E* [4].



Σημείωση. Στο κάτω σχήμα απεικονίζονται λεπτομέρειες διαστασιολόγησης.
Σχήμα 3.38. Είσοδος σε υπεραστική οδό [4].

3.6 Ορατότητα

Για όλους τους τύπους εισόδου που αναφέρονται παραπάνω, θα πρέπει να τεκμηριώνεται η επάρκεια μήκους ορατότητας για είσοδο σύμφωνα με το Σχήμα 3.39. Τα υπόψη πεδία ορατότητας που θα πρέπει να διατηρούνται ελεύθερα εμποδίων.



Σημείωση. Οι τιμές με παρένθεση αναφέρονται στην κλάση ΕΚΑ 3.
Σχήμα 3.39. Μήκος ορατότητας στην περιοχή εισόδου [4].

4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

4.1 Γενικά

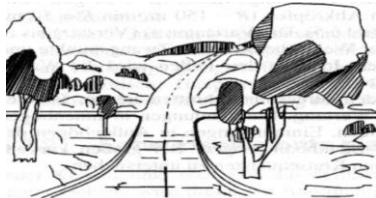
Στις ισόπεδες διασταυρώσεις, η οδός στην οποία παρέχεται προτεραιότητα (κύρια οδός) είναι εκείνη με τη μεγαλύτερη κατηγορία (κλάση) σχεδιασμού. Εάν συνδέονται οδοί με ίδια κλάση σχεδιασμού, τότε κύρια οδός είναι εκείνη με τον μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο.

Σε ό,τι αφορά στην κυκλοφοριακή ασφάλεια, πολύ σημαντικό ρόλο έχει η έγκαιρη δυνατότητα αναγνώρισης τόσο του κόμβου όσο και των προτεραιοτήτων σε αυτόν. Αυτή η παράμετρος είναι ιδιαίτερα κρίσιμη στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει σηματοδότηση. Για το σκοπό αυτό, οι γερμανικές οδηγίες RAL, 2012 ορίζουν ότι οι κόμβοι στις οδούς EKL 1 και EKL 2 πρέπει να είναι ορατοί από απόσταση μεγαλύτερη των 300m. Η αντίστοιχη απόσταση για τις οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 3 και EKL 4 είναι 200m.

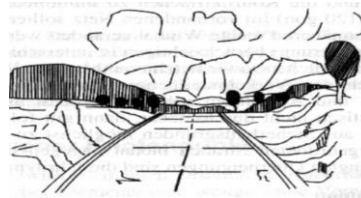
Αναφορικά με την έγκαιρη αναγνώριση κόμβων, είναι επιθυμητό οι ακτίνες καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία αλλά και τη μηκοτομή γενικά να είναι ήπιες.

Όταν η κύρια οδός βρίσκεται σε οριζοντιογραφική καμπύλη, ο σχεδιασμός ισόπεδου κόμβου πρέπει γενικά να αποφεύγεται, δεδομένου ότι σε καμπύλες τα αναμένοντα οχήματα επί της δευτερεύουσας οδού εκτιμούν λάθος την ταχύτητα στην κατεύθυνση με την προτεραιότητα. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε υπό συνθήκες επαρκούς ορατότητας και στις δύο οδούς, είναι δυνατό να σχεδιαστεί τρισκελής κόμβος όπου η δευτερεύουσα οδός θα συμβάλλει μόνο στο εξωτερικό μέρος της καμπύλης.

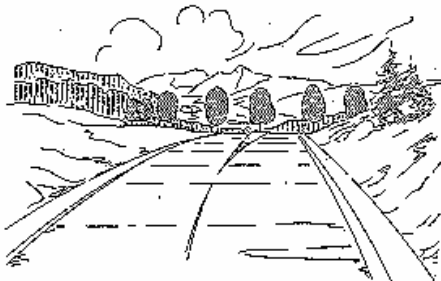
Ως προς την υψομετρική διαμόρφωση, όταν η περιοχή του κόμβου βρίσκεται σε κοίλωμα στη μηκοτομή, η προοπτική εικόνα της οδού ευνοεί τη διαδικασία αναγνώρισής του (Σχήμα 4.1α). Το αντίθετο συμβαίνει στην περίπτωση κυρώματος, όπου η περιορισμένη ορατότητα καθιστά την όλη διαδικασία αναγνώρισης αμφίβολη (Σχήμα 4.1β) και ως εκ τούτου καλό είναι να αποφεύγεται αυτός ο σχεδιασμός. Στις περιπτώσεις όμως υφιστάμενων κόμβων σε κύρτωμα στη μηκοτομή θα πρέπει να εφαρμόζονται ειδικά μέτρα βελτίωσης της αναγνωρισιμότητας, όπως για παράδειγμα επαύξηση του μήκους της περιοχής διεύρυνσης μέσω κατάλληλης οριζόντιας σήμανσης (Σχήμα 4.1γ) ή δεντροφύτευση (Σχήμα 4.1δ).



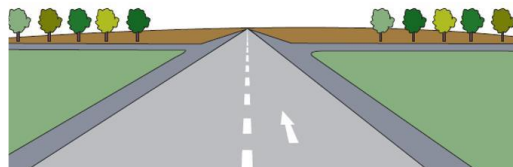
(α) κοίλωμα



(β) κύρτωμα



(γ) επαύξηση μήκους διεύρυνσης



(δ) δεντροφύτευση

μέτρα βελτίωσης αναγνωρισιμότητας

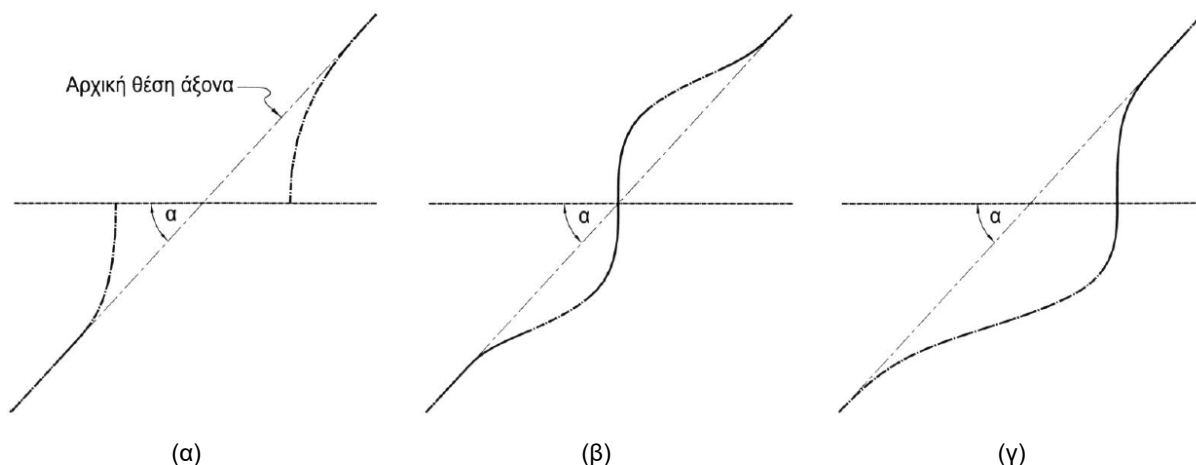
Σχήμα 4.1(α,β,γ,δ). Επιρροή της καμπυλότητας στη μηκοτομή κατά την αναγνώριση του κόμβου και μέτρα ενίσχυσης της αναγνωρισιμότητας του [9], [10].

4.2 Οριζοντιογραφία – Μηκοτομή

Μεταξύ δύο οδών που συμβάλλουν, ο σχεδιασμός της κύριας οδού παραμένει αναλλοίωτος, καθώς προσαρμόζεται πάντα η γεωμετρία επί της δευτερεύουσας οδού.

4.2.1 Οριζοντιογραφία

Οι άξονες των οδών οι οποίοι πρόκειται να συνδεθούν, κατά βάση θα πρέπει να τέμνονται υπό ορθή γωνία (100g). Επιτρέπεται γενικά η γωνία τομής α να βρίσκεται σε εύρος μεταξύ 80g – 120g. Σε διαφορετική περίπτωση, θα πρέπει ο άξονας της δευτερεύουσας οδού να τροποποιηθεί ανάλογα [Σχήμα 4.2(α,β,γ)].



Σχήμα 4.2. Τροποποίηση της οριζοντιογραφίας του άξονα δευτερεύουσας οδού κόμβου [5].

4.2.2 Μηκοτομή

Η κατά μήκος κλίση της κύριας οδού στην περιοχή του κόμβου, λαμβάνοντας υπόψη και την κίνηση φορτηγών, θα πρέπει να είναι κατά το δυνατό μικρή και σε καμία περίπτωση να μην υπερβαίνει το 4% (6%).

Η υψομετρική διαμόρφωση κόμβων στην περιοχή συμβολής της δευτερεύουσας οδού στην κύρια, υπόκειται σε ορισμένους βασικούς κανόνες:

- Η κατά μήκος κλίση εξόδου προς τη δευτερεύουσα οδό (κλίση προσέγγισης) πρέπει να προσαρμόζεται στην επίκλιση της κύριας με άνω όριο το 5% (επιθυμητή κλίση 3%)
- Η επίκλιση της δευτερεύουσας οδού πρέπει να προσαρμόζεται στην κλίση της κύριας
- Τα όμβρια ύδατα της δευτερεύουσας οδού δεν επιτρέπεται να εισέρχονται στην κύρια οδό
- Στην περιοχή συμβολής της δευτερεύουσας οδού με την κύρια, προτεραιότητα έχουν τα θέματα ικανοποιητικής απορροής ομβρίων και όχι η δυναμική της κίνησης
- Στην περιοχή του χαμηλότερου σημείου κοιλώματος και του υψηλότερου σημείου κυρτώματος στη μηκοτομή της δευτερεύουσας οδού, θα πρέπει να εξασφαλίζεται επίκλιση $e \geq 2.5\%$
- Ως προς τη σύνθετη κλίση στην περιοχή συναρμογής της κύριας με τη δευτερεύουσα οδό θα πρέπει να ισχύει $p \geq 0.50\%$
- Η υψομετρική διαμόρφωση στην περιοχή του κόμβου παρέχει εποπτική απεικόνιση του σχεδιασμού των επιμέρους συναρμογών

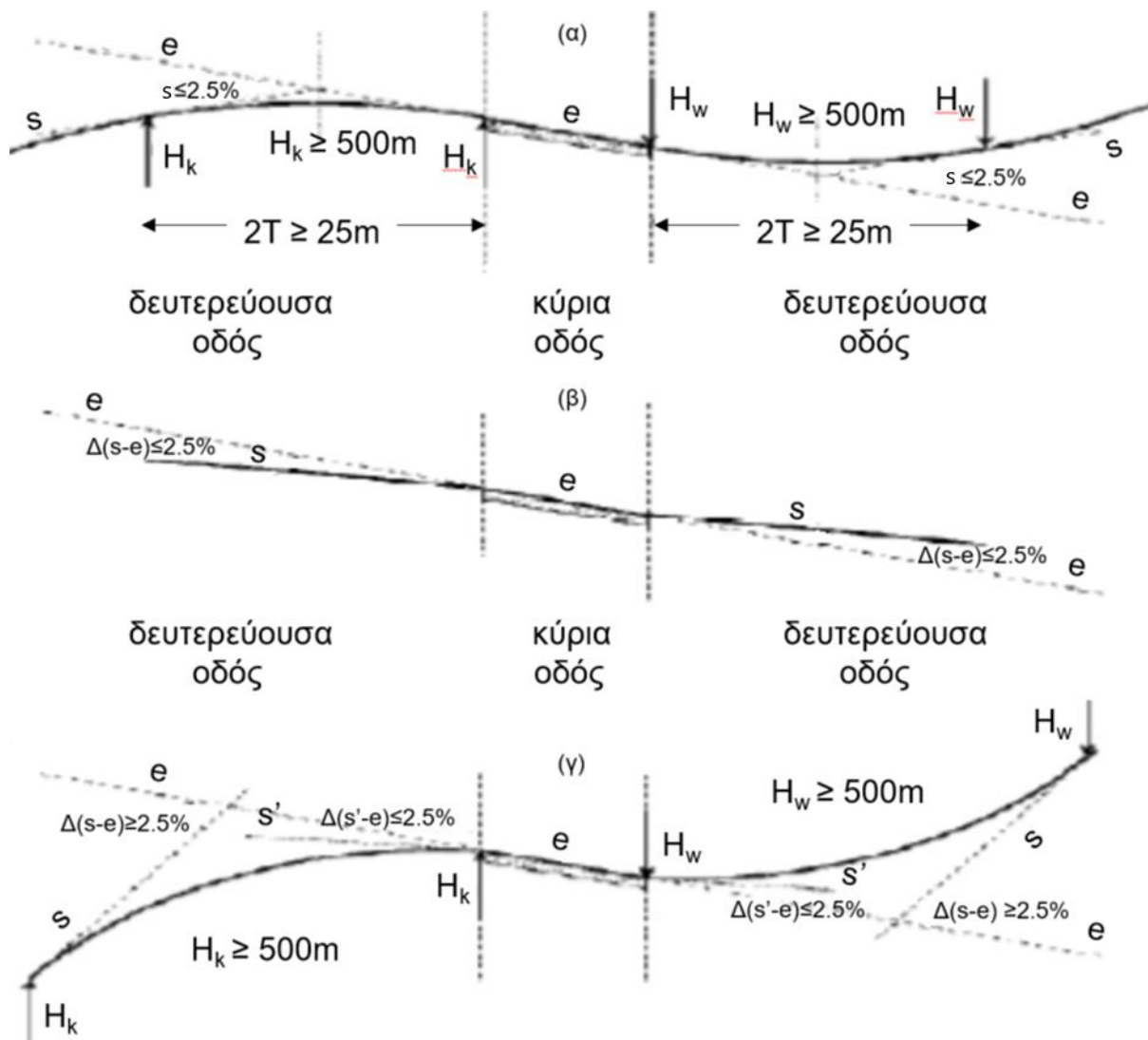
Στις γερμανικές οδηγίες RAL, 2012 περιγράφονται τρεις διαφορετικοί τρόποι υψομετρικής προσαρμογής της δευτερεύουσας οδού στην κύρια [Σχήμα 4.3(α,β,γ)].

Στην πρώτη περίπτωση (Σχήμα 4.3α), απεικονίζεται το ελάχιστο μήκος εφαπτομενικής συναρμογής, το οποίο πρέπει κατά βάση να εφαρμόζεται στις οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 2 και EKL 3 αντίστοιχα. Στο υπόψη μήκος πρέπει να ισχύει:

- Μήκος εφαπτόμενης κυρτού – κοίλου τόξου $T \geq 12.50m$
- Παράμετρος κυρτού – κοίλου κατακόρυφου τόξου $H_k/H_w \geq 500m$
- Κλίση δευτερεύουσας οδού στο πέρας του κατακόρυφου τόξου $s \leq 2.5\%$

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν είναι δυνατή η εφαπτομενική σύνδεση, μπορεί να εφαρμοστεί θλάση στην οριογραμμή της κύριας οδού. Χωρίς την εφαρμογή κατακόρυφων τόξων, η θλάση αυτή μεταξύ επίκλισης κύριας και κλίσης δευτερεύουσας μπορεί να είναι έως 2.5% (Σχήμα 4.3β).

Η διαφορά μεταξύ επίκλισης κύριας και κλίσης δευτερεύουσας επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη από 2.5% αρκεί μεταξύ τους να εφαρμοστούν κατακόρυφα τόξα με $H_k/H_w \geq 500m$ (Σχήμα 4.3γ).



Σχήμα 4.3(α,β,γ). Υψομετρική προσαρμογή της δευτερεύουσας οδού στην κύρια [5].

Οι παραπάνω περιπτώσεις έχουν εφαρμογή όταν η γωνία συμβολής της κύριας οδού με τη δευτερεύουσα είναι 100grad. Για διαφορετικές γωνίες συμβολής, ο προσδιορισμός κλίσης εισόδου στη δευτερεύουσα οδό προκειμένου η συναρμογή να είναι εφαπτομενική απαιτεί πρόσθετη διερεύνηση η οποία ακολουθεί.

Εφαρμογή

Να προσδιοριστεί η κλίση προσέγγισης ($s_{\text{προσ}}$) στον άξονα της δευτερεύουσας οδού προκειμένου μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού η συναρμογή να είναι εφαπτομενική (Σχήμα 4.4)

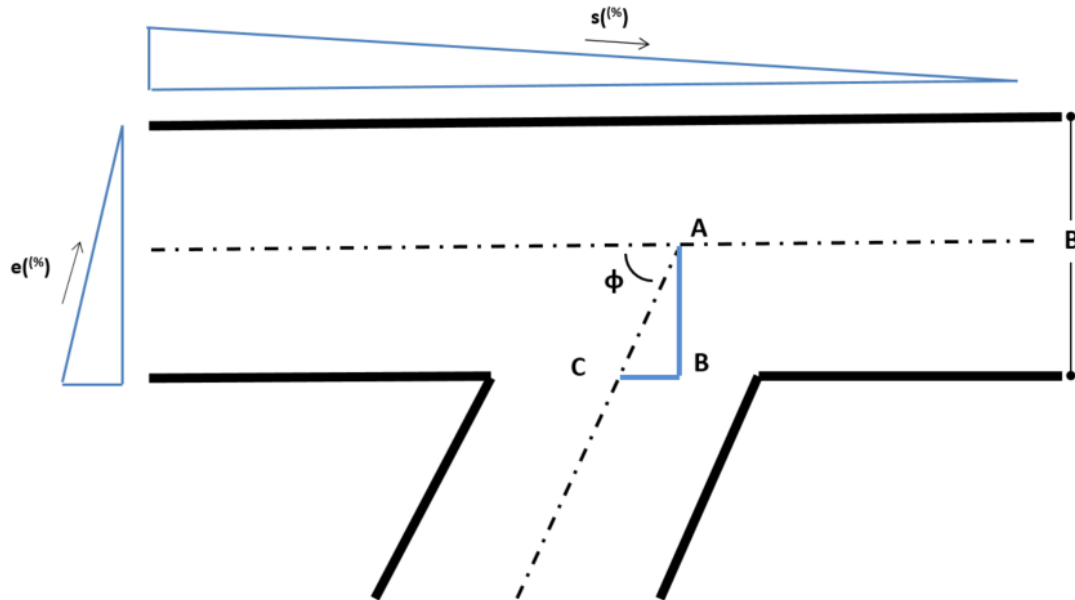
Δίδονται:

Κλίση κύριας οδού $s(\%)$

Επικλίση κύριας οδού (μονοκλινής) $e(\%)$

Γωνία συμβολής μεταξύ κύριας – δευτερεύουσας $\phi(\text{grad})$

Πλάτος οδοστρώματος κύριας οδού $B(\text{m})$



Σημείωση. Τα βέλη στην κλίση s και την επικλίση e δείχνουν τη φορά των ομβρίων (κατωφέρεια).

Σχήμα 4.4. Συμβολή κύριας και δευτερεύουσας οδού υπό γωνία ϕ .

Μεταξύ των σημείων A και B ισχύει:

$$h_B - h_A = \frac{B}{2} \frac{e}{100} \quad (4.1)$$

Μεταξύ των σημείων B και C ισχύει:

$$h_C - h_B = \frac{B}{2 \tan \phi} \frac{s}{100} \quad (4.2)$$

Από την Εξίσωση (4.1) και την Εξίσωση (4.2) προκύπτει:

$$h_C - h_A = \frac{B}{2 \cdot 100 \sin \phi} (e \sin \phi + s \cos \phi) \quad (4.3)$$

Αλλά ταυτόχρονα ισχύει:

$$s_{\text{προσ}} = \frac{h_C - h_A}{\left(\frac{B}{2}\right)} \sin \phi \cdot 100 \quad (4.4)$$

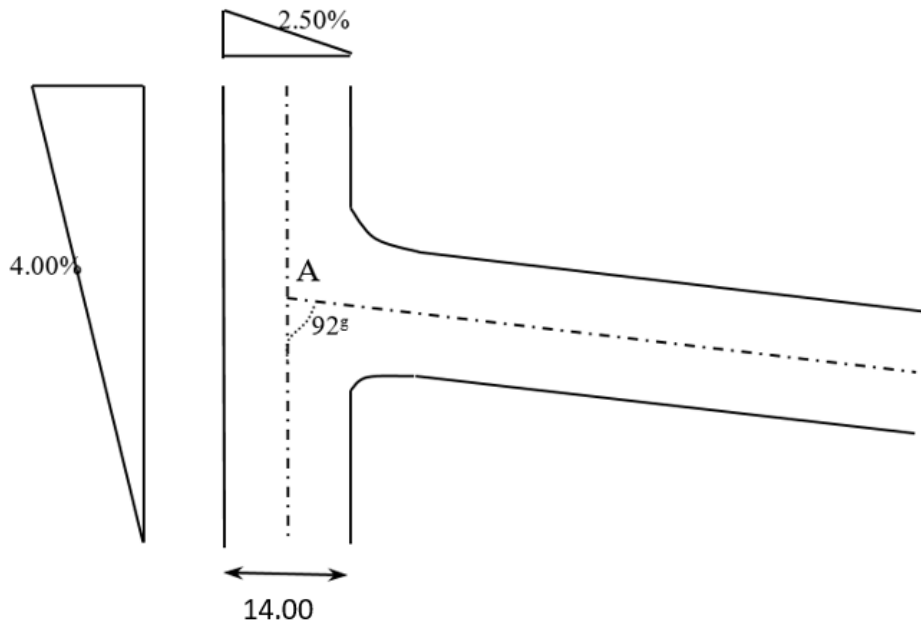
Από Εξίσωση (4.3) και την Εξίσωση (4.4) προκύπτει:

$$s_{\text{προσ}} = s \cos \phi + e \sin \phi \quad (4.5)$$

Από όπου είναι εμφανές ότι η κλίση προσέγγισης είναι ανεξάρτητη του πλάτους της κύριας οδού.

Αριθμητική Εφαρμογή

Στο Σχήμα 4.5, ζητείται ο προσδιορισμός της κλίσης εισόδου στη δευτερεύουσα οδό.



Σχήμα 4.5. Συμβολή δευτερεύουσας οδού στην κύρια υπό γωνία 92grad.

Με βάση το Σχήμα 4.4 και την Εξίσωση (4.5) είναι:

$$s = -4.00\%, e = -2.50\%, \varphi = 92\text{grad}$$

Άρα:

$$s_{\text{προσ}} = -2.98\% \quad (4.6)$$

4.3 Χαρακτηριστικά Διαρρύθμισης

Η εύρυθμη λειτουργία του κόμβου προϋποθέτει την ύπαρξη δομικών ή άλλων στοιχείων και επιφανειών, τα οποία καθοδηγούν τα οχήματα στην επιθυμητή κίνηση, η οποία μπορεί να είναι:

- Διαμπερή κίνηση επί της κύριας οδού
- Αριστερή – δεξιά στροφή εισόδου (στην κύρια οδό)
- Αριστερή – δεξιά στροφή εξόδου (από την κύρια οδό)
- Εγκάρσια διάσχιση της κύριας οδού (τετρασκελείς κόμβοι)

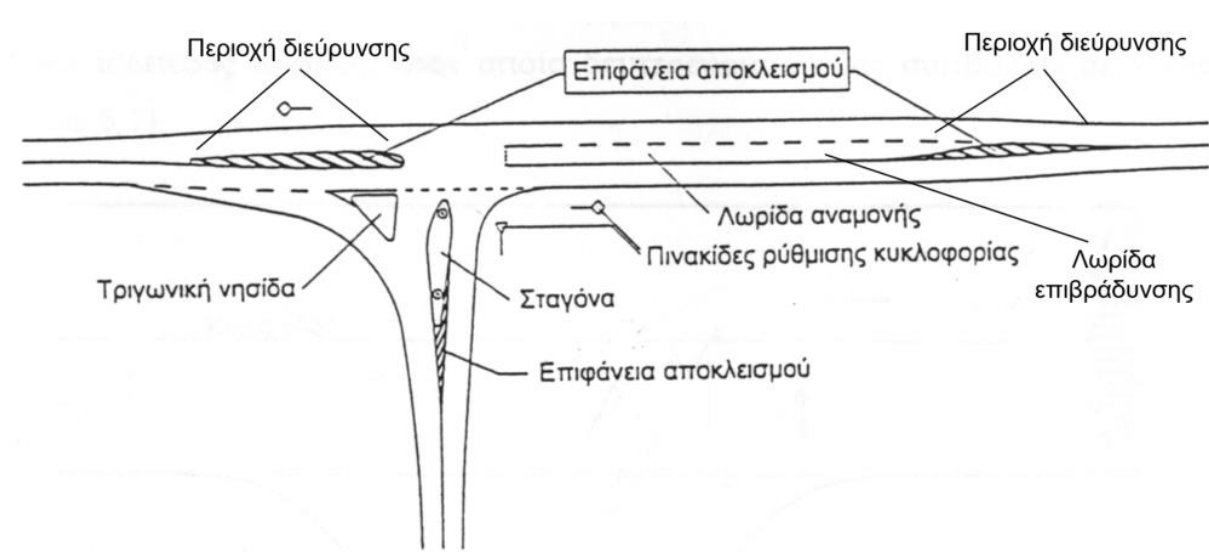
Στο Σχήμα 4.6 φαίνονται τα βασικά στοιχεία διαρρύθμισης σε τρισκελή κόμβο.

Όταν η επιφάνεια που διατίθεται για την κυκλοφορία σε ένα κόμβο είναι πολύ μεγάλη χωρίς κατάλληλες διαγραμμίσεις ή άλλες διατάξεις καθοδήγησης, τα οχήματα μπορεί να χάσουν τον προσανατολισμό τους, με αρνητικά αποτελέσματα για τη λειτουργία του κόμβου και την οδική ασφάλεια γενικότερα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού χρησιμοποιούνται υπερυψωμένες κατασκευές οι οποίες ταυτόχρονα περιορίζουν τη διαθέσιμη επιφάνεια του κόμβου και καθοδηγούν τα οχήματα.

Η σταγόνα και η νησίδα είναι υπερυψωμένες κατασκευές που δεν είναι βατές από οχήματα. Χρησιμοποιούν επίσης για την προστασία πεζών και ποδηλάτων, καθώς και για την τοποθέτηση των κατασκευών ελέγχου της κυκλοφορίας (πχ. σήμανση). Αν δεν περιορίζεται η ορατότητα, είναι δυνατή και η φύτευση στις υπερυψωμένες αυτές κατασκευές.

Η σταγόνα διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις κυκλοφορίας στην περιοχή που συμβάλλει η δευτερεύουσα οδός στην κύρια. Υπάρχουν δύο τύποι σταγόνας, η μεγάλη και η μικρή.

Οι τριγωνικές νησίδες κατευθύνουν τα οχήματα που εξέρχονται της κύριας οδού τόσο με αριστερή όσο και με δεξιά στροφή. Στην παράλληλη πλευρά με την κύρια οδό δεν θα πρέπει να έχουν μήκη μικρότερα από 5m και μεγαλύτερα από 20m.



Σχήμα 4.6. Στοιχεία διαρρύθμισης σε τρισκελή κόμβο [1].

Οι τριγωνικές νησίδες συνδυάζονται μόνο με μεγάλη σταγόνα. Στην περίπτωση εφαρμογής μεγάλης σταγόνας (άρα και τριγωνικής νησίδας), η δεξιά στροφή εξόδου σχεδιάζεται με κυκλικό τόξο ($R=20m$ ή $R=25m$, ανάλογα με τη γωνία στροφής), ενώ όταν εφαρμόζεται μικρή σταγόνα, η δεξιά στροφή εξόδου σχεδιάζεται με τρίτοξο.

Με τρίτοξο σχεδιάζονται επίσης και όλες οι δεξιές στροφές εισόδου.

Οι επιφάνειες αποκλεισμού, όντας διαχωριστικές, είναι περιοχές στις οποίες δεν επιτρέπεται η κίνηση των οχημάτων και επισημαίνονται με κατάλληλη διαγράμμιση. Επί της κύριας οδού, δίνουν τη δυνατότητα να δημιουργηθεί η λωρίδα αναμονής για τα οχήματα που στρέφουν αριστερά.

Σε ό,τι αφορά στην αριστερή στροφή εξόδου, διακρίνονται τα εξής τμήματα:

- Το τμήμα αναμονής, κατά μήκος του οποίου συσσωρεύονται τα οχήματα, που αναμένουν για την εκτέλεση της στροφής εξόδου και τοποθετείται παράλληλα προς την κύρια οδό
- Το τμήμα επιβράδυνσης, κατά μήκος του οποίου το όχημα μειώνει την ταχύτητά κίνησής του, έτσι ώστε να αποκτήσει την επιθυμητή ταχύτητα για την εκτέλεση της στρέφουσας κίνησης. Η επιθυμητή αυτή ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ της μηδενικής και μιας τιμής, που εξασφαλίζει την απευθείας, αλλά ασφαλή στροφή του οχήματος, όταν το επιτρέπουν οι κυκλοφοριακές συνθήκες
- Το τμήμα διεύρυνσης, κατά μήκος του οποίου το πλάτος της οδού μεταβάλλεται βαθμιαία έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος χώρος για τη λωρίδα αριστερής στροφής

Επισημαίνεται ότι περιοχή διεύρυνσης υπάρχει και μετά την αριστερή στροφή εξόδου, όπου το οδόστρωμα επανέρχεται στο αρχικό του πλάτος.

Στα εδάφια που ακολουθούν αναλύονται με περισσότερη λεπτομέρεια οι τύποι και τα χαρακτηριστικά των αριστερών – δεξιών στροφών εισόδου – εξόδου σύμφωνα με τις οδηγίες RAL, 2012. Βασική καινοτομία στις σχετικά πρόσφατες αυτές οδηγίες είναι ότι η κάθε κλάση σχεδιασμού συνδυάζεται με συγκεκριμένους τύπους διαμορφώσεων.

4.4 Αριστερές Στροφές Εξόδου

Οι αριστερόστροφες κινήσεις εξόδου κατά RAL, 2012 διακρίνονται σε τέσσερις τύπους (Σχήμα 4.7), βάσει των οποίων καθορίζονται και τα τμήματα αναμονής (I_A), επιβράδυνσης (I_V), και διεύρυνσης (I_Z).

Το πεδίο εφαρμογής των αριστερών στροφών εξόδου, ως προς τη μορφή λειτουργίας και την κλάση σχεδιασμού δίδεται στον Πίνακα 4.1.

Κύρια Οδός	Φωτεινή Σηματοδότηση	Δευτερεύουσα Οδός	Τύπος Αριστερής Στροφής
EKL 2	ναι	EKL 2, EKL 3	LA 1
EKL 3	ναι	EKL 3, EKL 4	LA 1
	όχι	EKL 3, EKL 4	LA 2
EKL 4	όχι	EKL 4	LA 3
EKL 4	όχι	EKL 4*	LA 4

Σημείωση. * με μικρό φόρτο αριστερά στρεφόντων οχημάτων.

Πίνακας 4.1. Πεδίο εφαρμογής των αριστερών στροφών εξόδου [5].

Ο τύπος αριστερής στροφής LA 1 χρησιμοποιείται σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 2 και EKL 3 και είναι με φωτεινή σηματοδότηση. Η λωρίδα αριστερής στροφής έχει πλάτος 3.25m. Από αυτό προκύπτει, ότι σε οδούς της κατηγορίας EKL 2, λαμβάνοντας υπόψη και την διπλή διαγράμμιση πλάτους 0.50m (διατομή RQ 11.5+), η διεύρυνση του οδοστρώματος είναι 2.75m.

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και πιθανά σημεία διαβάσεων, πεζών, ποδηλάτων καθώς και η γενικότερη δυνατότητα εγκατάστασης του συστήματος φωτεινής σηματοδότησης.

Αναφορικά με τα μήκη αναμονής (I_A), επιβράδυνσης (I_V), και διεύρυνσης (I_Z), ισχύει:

- $I_A = 20\text{m}$
- $I_V = 40\text{m}$ (EKL 2), $I_V = 20\text{m}$ (EKL 3)
- $I_Z = 70\text{m}$ (μονόπλευρη διεύρυνση), $I_Z = 50\text{m}$ (αμφίπλευρη διεύρυνση)

Η λωρίδα αριστερής στροφής σχεδιάζεται με επιφάνεια αποκλεισμού Η διεύρυνση για τη λωρίδα αριστερής στροφής αρχίζει 40m από την αρχή της μονόπλευρης διεύρυνσης και 30m από την αρχή της αμφίπλευρης διεύρυνσης αντίστοιχα, όπου σε αυτό το μήκος η επιφάνεια αποκλεισμού έχει πλάτος 2m.

Ο τύπος αριστερής στροφής LA 2 χρησιμοποιείται σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 3 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Η λωρίδα αριστερής στροφής έχει πλάτος 3.25m.

Αναφορικά με τα μήκη αναμονής (I_A), επιβράδυνσης (I_V), και διεύρυνσης (I_Z), ισχύει:

- $I_A = 20\text{m}$
- $I_V = 20\text{m}$, αλλά μπορεί και να παραληφθεί με βάση κυκλοφοριακά δεδομένα
- $I_Z = 70\text{m}$ (μονόπλευρη διεύρυνση), $I_Z = 50\text{m}$ (αμφίπλευρη διεύρυνση)

Η λωρίδα αριστερής στροφής σχεδιάζεται με επιφάνεια αποκλεισμού Η διεύρυνση για τη λωρίδα αριστερής στροφής αρχίζει 40m από την αρχή της μονόπλευρης διεύρυνσης και 30m από την αρχή της αμφίπλευρης διεύρυνσης αντίστοιχα, όπου σε αυτό το μήκος η επιφάνεια αποκλεισμού έχει πλάτος 2m.

Ο τύπος αριστερής στροφής LA 3 χρησιμοποιείται για τη σύνδεση οδών με κλάσεις σχεδιασμού EKL 4 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και σε κύριες οδούς κλάσης EKL 3, όταν αυτές συνδέονται με οδούς της EKL 4 ή αγροτικές οδούς, χωρίς αξιόλογη στρέφουσα αριστερά κυκλοφορία. Η λωρίδα αριστερής στροφής έχει πλάτος 2.75m.

Οι διερχόμενες λωρίδες στο τμήμα προσαρμογής έχουν πλάτος 2.75m και εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης 0.50m. Όταν η κύρια οδός είναι κλάσης EKL 4, η διαγράμμιση της διερχόμενης λωρίδας ξεκινά και τελειώνει εκεί όπου το πλάτος του οδοστρώματος γίνεται 6.50m.

Η λωρίδα αριστερής στροφής σχεδιάζεται χωρίς επιφάνεια αποκλεισμού

Αναφορικά με τα μήκη αναμονής (I_A), επιβράδυνσης (I_V), και διεύρυνσης (I_Z), ισχύει:

- $I_A = 10\text{m}$
- $I_V = 0\text{m}$
- $I_Z = 70\text{m}$ (μονόπλευρη διεύρυνση), $I_Z = 50\text{m}$ (αμφίπλευρη διεύρυνση)

Ο τύπος αριστερής στροφής **LA 4** χρησιμοποιείται σε οδούς της κλάσης EKL 4, όταν συνδέονται με οδούς της EKL 4 ή με αγροτικές οδούς, όπου προφανώς δεν εφαρμόζεται φωτεινή σηματοδότηση.

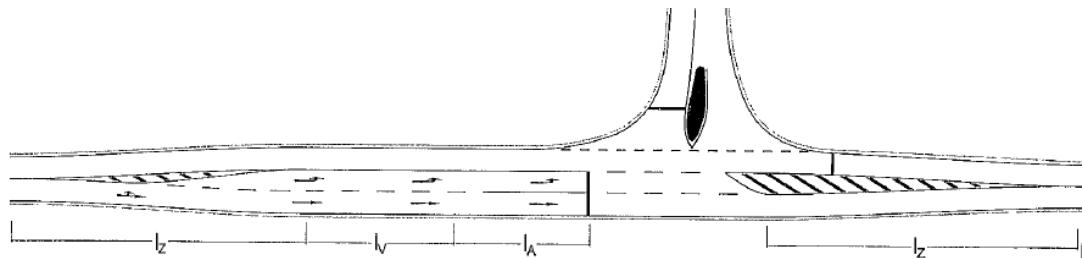
Το πλάτος της λωρίδας αριστερής στροφής και το πλάτος της διερχόμενης λωρίδας στην ίδια κατεύθυνση είναι 4.75m, χωρίς να υπάρχει διαγράμμιση μεταξύ τους, ενώ το πλάτος της διερχόμενης λωρίδας στην αντίθετη κατεύθυνση είναι 2.75m. Το πλάτος στην εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης είναι 0.50m. Η διαγράμμιση της διερχόμενης λωρίδας ξεκινά και τελειώνει εκεί όπου το πλάτος του οδοστρώματος γίνεται 6.50m.

Η λωρίδα αριστερής στροφής σχεδιάζεται χωρίς επιφάνεια αποκλεισμού

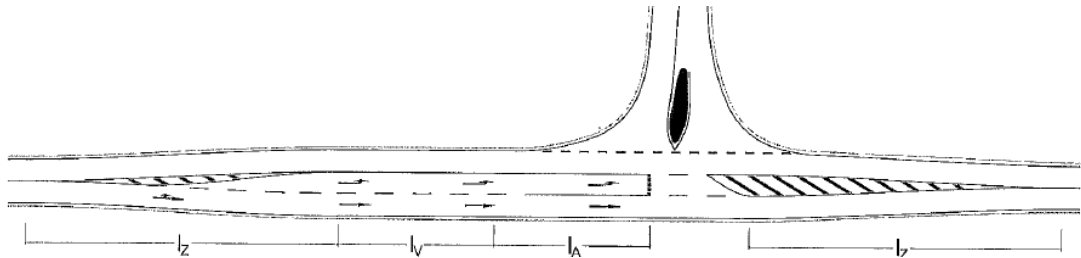
Αναφορικά με τα μήκη αναμονής (l_A), επιβράδυνσης (l_V), και διεύρυνσης (l_Z), ισχύει:

- $l_A = 0\text{m}$
- $l_V = 0\text{m}$
- $l_Z = 70\text{m}$ (μονόπλευρη διεύρυνση), $l_Z = 50\text{m}$ (αμφίπλευρη διεύρυνση)

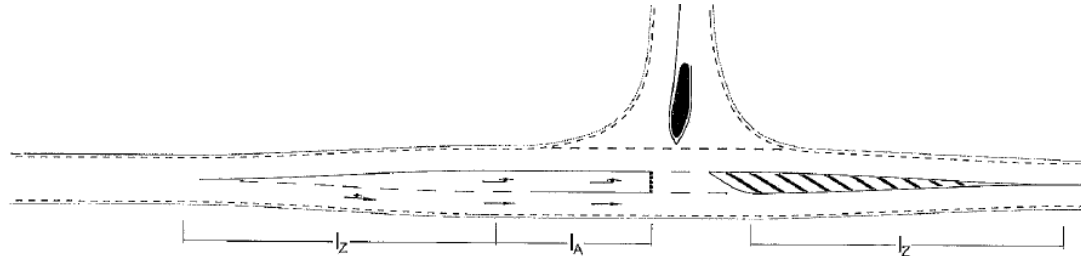
LA 1



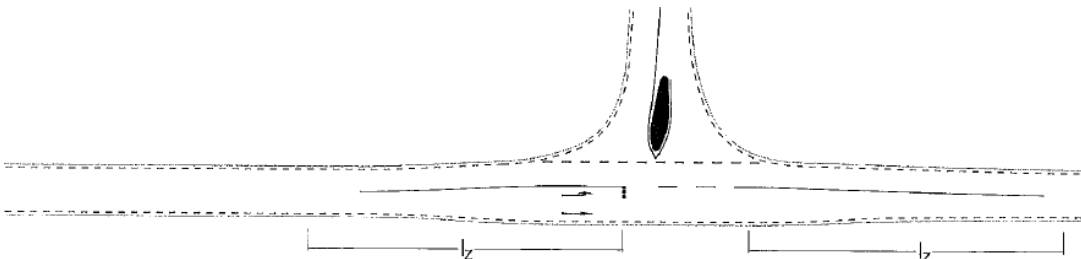
LA 2



LA 3



LA 4



Σχήμα 4.7. Τύποι αριστερών στροφών εξόδου [5].

4.5 Δεξιές Στροφές Εξόδου

Οι δεξιόστροφες κινήσεις εξόδου κατά RAL, 2012 διακρίνονται σε έξι τύπους (Σχήμα 4.8α - Σχήμα 4.8β).

Στον Πίνακα 4.2 απεικονίζεται το πεδίο εφαρμογής των δεξιών στροφών εξόδου ως προς τη μορφή λειτουργίας και την κλάση σχεδιασμού.

Κύρια Οδός	Φωτεινή Σηματοδότηση	Δευτερεύουσα Οδός	Κίνηση Πεζών – Ποδηλάτων (ως προς την κύρια οδό)		Τύπος Δεξιάς Στροφής	Τύπος Εισόδου
			παράλληλα	κάθετα		
EKL 2	ναι	EKL 2, EKL 3	ναι	ναι	RA 1	KE 1, KE 2
(EKL 2) EKL 3	ναι	EKL 3, EKL 4	ναι	ναι	RA 2	KE 1, KE 2
EKL 3	όχι	EKL 3	όχι	όχι	RA 3, RA 4	KE 3, KE 4
	όχι	EKL 3	ναι	ναι*	RA 4	KE 4
	όχι	EKL 4	ναι	ναι*	RA 5	KE 5
EKL 4	όχι	EKL 4	-	-	RA 6	KE 6

Σημείωση. * εφαρμογή σε τρισκελείς κόμβους.

Πίνακας 4.2. Πεδίο εφαρμογής των δεξιών στροφών εξόδου [5].

Οι διάφοροι τύποι δεξιών στροφών στον Πίνακα 4.2 συνδυάζονται και με συγκεκριμένους τύπους εισόδου, οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενο εδάφιο.

Ο τύπος δεξιάς στροφής RA 1 εφαρμόζεται σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 2 και είναι με φωτεινή σηματοδότηση. Συνδυάζεται επίσης με τύπο εισόδου KE 1 και KE 2.

Συνίσταται από παράλληλη λωρίδα δεξιάς στροφής ως προς το κύριο οδόστρωμα, όπου το όχημα επιβραδύνει, τριγωνική νησίδα και μεγάλη σταγόνα.

Η λωρίδα δεξιάς στροφής έχει πλάτος 3.25m και επιπλέον 0.50m η εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης.

Τα αντίστοιχα μήκη αναμονής (l_A), επιβράδυνσης (l_V), και διεύρυνσης (l_Z) στη λωρίδα δεξιάς στροφής έχουν ως εξής:

- $l_A = 20m$
- $l_V = 40m$ (EKL 2), $l_V = 20m$ (EKL 3)
- $l_Z = 30m$

Επισημαίνεται ότι το μήκος του τμήματος αναμονής προκύπτει με έλεγχο της κυκλοφοριακής ικανότητας και τελειώνει στη γραμμή στάσης προ της σηματοδότησης.

Το πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ της τριγωνικής νησίδας και της οριογραμμής της δεξιάς λωρίδας εξόδου είναι 5.50m, όπου η σχετική στρογγύλευση στην εξωτερική οριογραμμή γίνεται με κυκλικό τόξο.

Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδηλάτα πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα έως 4m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος δεξιάς στροφής RA 2 εφαρμόζεται κατά βάση σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 3 και είναι με φωτεινή σηματοδότηση. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε οδούς κλάσης EKL 2, με χαμηλό φόρτο όταν δεν απαιτείται τριγωνική νησίδα. Και οι δύο περιπτώσεις συνδυάζονται με τύπο εισόδου KE 1 και KE 2.

Συνίσταται από παράλληλη λωρίδα δεξιάς στροφής ως προς το κύριο οδόστρωμα, όπου το όχημα επιβραδύνει, μόνο όταν προκύψει σχετική αναγκαιότητα με βάση κυκλοφοριακά δεδομένα. Στην περίπτωση αυτή, η λωρίδα δεξιάς στροφής έχει πλάτος 3.25m και επιπλέον 0.50m η εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης.

Τα αντίστοιχα μήκη αναμονής (l_A), επιβράδυνσης (l_V), και διεύρυνσης (l_Z) στη λωρίδα δεξιάς στροφής έχουν ως εξής:

- $l_A = 20\text{m}$
- $l_V = 40\text{m}$ (EKL 2), $l_V = 20\text{m}$ (EKL 3)
- $l_Z = 30\text{m}$

Η στρογγύλευση της δεξιάς στροφής εξόδου με τη δευτερεύουσα οδό γίνεται με τρίτοξο, ενώ εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα έως 4m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος δεξιάς στροφής RA 3 εφαρμόζεται σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 3 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Συνδυάζεται επίσης με τύπο εισόδου KE 3.

Η λωρίδα δεξιάς στροφής δεν έχει τμήμα επιβράδυνσης αλλά σχεδιάζεται με “σφήνα” εξόδου η οποία αφορά σε μεταβαλλόμενο πλάτους για μήκος 35m από τη διαγράμμιση της τριγωνικής νησίδας και θα εξεταστεί σε επόμενο εδάφιο.

Το πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ της τριγωνικής νησίδας και της οριογραμμής της δεξιάς λωρίδας εξόδου είναι 5.50m (χωρίς τα πλάτη των λωρίδων καθοδήγησης), όπου η σχετική στρογγύλευση στην εξωτερική οριογραμμή γίνεται με κυκλικό τόξο.

Επισημαίνεται ότι ο τύπος δεξιάς στροφής RA3 δεν είναι κατάλληλος, όταν ποδηλάτες και πεζοί πρέπει να διασχίσουν αυτή την λωρίδα.

Ο τύπος δεξιάς στροφής RA 4 εφαρμόζεται κατά βάση σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 3 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Συνδυάζεται επίσης με τύπο εισόδου KE 4.

Η στρογγύλευση της δεξιάς στροφής εξόδου με τη δευτερεύουσα οδό γίνεται με τρίτοξο, ενώ εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα, όταν προβλέπεται, πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα 6m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος δεξιάς στροφής RA 5 εφαρμόζεται σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 3, όταν αυτές συνδέονται με οδούς της κλάσης EKL 4 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Συνδυάζεται επίσης με τύπο εισόδου KE 5.

Η στρογγύλευση της δεξιάς στροφής εξόδου με τη δευτερεύουσα οδό γίνεται με τρίτοξο, ενώ εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

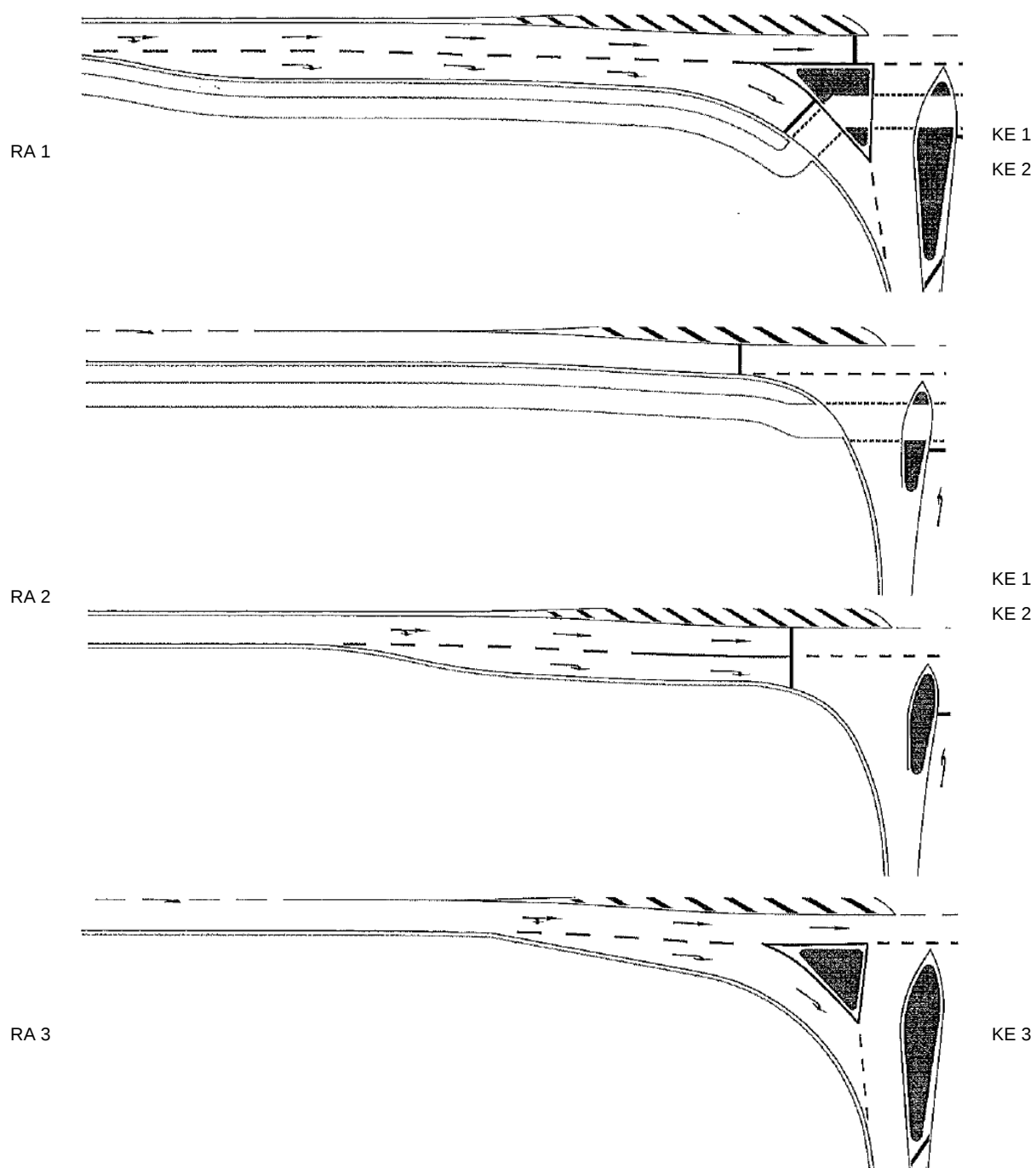
Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα 4m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος εξόδου RA 5 είναι κατάλληλος στις περιπτώσεις με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο στην κύρια οδό, να αναγνωρίζονται έγκαιρα οι ποδηλατιστές.

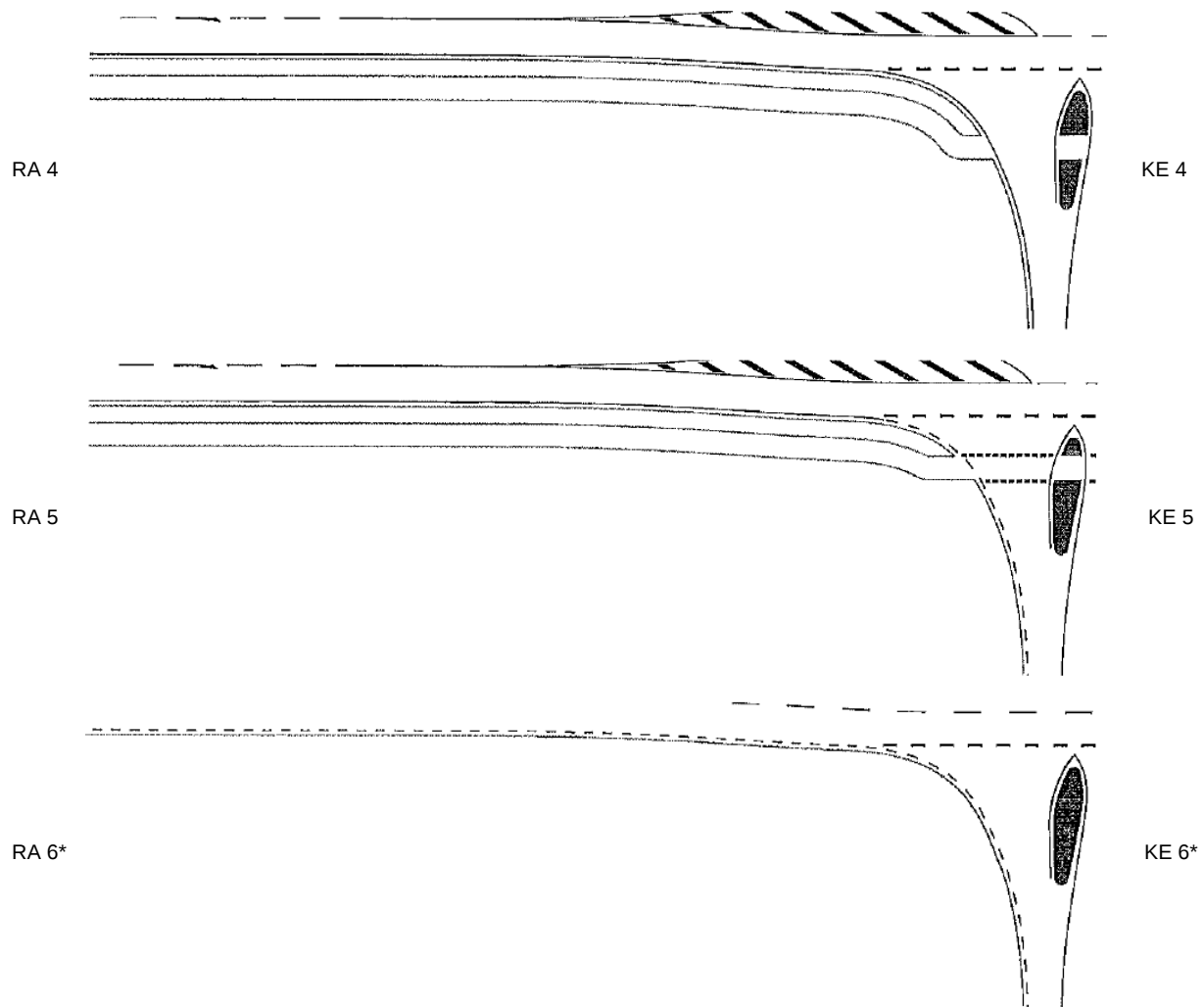
Ο τύπος δεξιάς στροφής RA 6 εφαρμόζεται σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 4 όταν αυτές συνδέονται με οδούς της ίδιας κατηγορίας ή με αγροτικές οδούς και προφανώς είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Συνδυάζεται επίσης με τύπο εισόδου KE 6.

Η στρογγύλευση της δεξιάς στροφής εξόδου με τη δευτερεύουσα οδό γίνεται με τρίτοξο, ενώ εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Δεν υπάρχουν ειδικές διαμορφώσεις για τη διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα.



Σχήμα 4.8α. Τύποι δεξιών στροφών εξόδου (RA 1 – RA 3) [5].



Σημείωση. * Όταν εξασφαλίζονται επαρκείς συνθήκες αναγνώρισης του κόμβου, η σταγόνα μπορεί να παραλειφθεί.

Σχήμα 4.8β. Τύποι δεξιών στροφών εξόδου (RA 4 – RA 6) [5].

4.6 Είσοδος σε Κόμβο

Οι σταγόνες καθοδηγούν με σαφήνεια τα οχήματα στην περιοχή εισόδου. Οι λωρίδες πρόσβασης της δευτερεύουσας οδού σε ισόπεδους κόμβους αποτελούν ταυτόχρονα χώρο αναμονής και συσσώρευσης οχημάτων. Η κυκλοφοριακή ικανότητα του κόμβου μπορεί να αυξηθεί με τη δημιουργία κατάλληλης διάταξης στις λωρίδες εισόδου.

Σε κάθε περίπτωση, ο αριθμός των λωρίδων στην περιοχή εισόδου εξαρτάται από τις απαιτήσεις που προκύπτουν ως προς την ευθεία (τετρασκελείς κόμβοι) ή αριστερά και δεξιά στρέφουσα κίνηση, από την απαιτούμενη ποιότητα κυκλοφοριακής ροής, αλλά και από ιδιαίτερες απαιτήσεις της κυκλοφορίας πεζών και ποδηλάτων, προστασίας του περιβάλλοντος χώρου και δημόσιας επιβατικής κυκλοφορίας.

Το πλάτος του οδοστρώματος στην περιοχή εισόδου εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι φωτεινής σηματοδότησης. Αν δεν υπάρχει εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης, το πλάτος του οδοστρώματος είναι 4.50m προκειμένου να μην υπάρχει η δυνατότητα προσπέρασης των οχημάτων που αναμένουν. Αν υπάρχει εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης, τότε υπάρχει περιθώριο διαμόρφωσης περισσότερων λωρίδων ανάλογα με τη ζήτηση της στρέφουσας κίνησης εισόδου. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή το μήκος των τμημάτων αναμονής καθορίζεται με βάση κυκλοφοριακά δεδομένα.

Στις δεξιόστροφες κινήσεις εισόδου, η στρογγύλευση στις οριογραμμές μεταξύ δευτερεύουσας και κύριας οδού γίνεται με τη βοήθεια τρίτοξου.

Στους τετρασκελείς κόμβους, οι περιοχές εισόδου πρέπει να διατάσσονται με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη συνέχιση της πορείας των οχημάτων στη δευτερεύουσα οδό (ευθεία κίνηση), η κίνησή τους να είναι κατά το δυνατόν ευθύγραμμη.

Διακρίνονται έξι τύποι εισόδων (Σχήμα 4.9α – Σχήμα 4.9β).

Ο τύπος εισόδου ΚΕ 1 εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τους τύπους δεξιάς στροφής RA 1 και RA 2 σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 2 και EKL 3 (EKL 4) και είναι με φωτεινή σηματοδότηση.

Διαθέτει ξεχωριστές λωρίδες για την ευθεία καθώς και τις αντίστοιχες αριστερά και δεξιά στρέφουσες κινήσεις. Οι ελάχιστες λωρίδες εισόδου είναι δύο. Στους τετρασκελείς κόμβους, αν δεν απαιτούνται ξεχωριστές λωρίδες ανά κίνηση, η δεξιόστροφή και η ευθεία κίνηση ενσωματώνονται σε μία λωρίδα.

Το πλάτος των λωρίδων είναι 3.25m.

Η διεύρυνση του οδοστρώματος για την ανάπτυξη των πρόσθετων λωρίδων γίνεται προς την εξωτερική οριογραμμή του οδοστρώματος. Η εσωτερική λωρίδα καθοδήγησης (περιοχή σταγόνας) διαμορφώνεται 0.25m (0.50m) ενώ η αντίστοιχη εξωτερική 0.50m.

Όταν ο τύπος εισόδου ΚΕ 1 συνδυάζεται με δεξιά στροφή τύπου RA 1 εφαρμόζεται μεγάλη σταγόνα, ενώ με δεξιά στροφή τύπου RA 2 εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα έως 4m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος εισόδου ΚΕ 2 εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τους τύπους δεξιάς στροφής RA 1 και RA 2 σε οδούς με κλάσεις σχεδιασμού EKL 2 και EKL 3 (EKL 4) και είναι με φωτεινή σηματοδότηση.

Διαθέτει μία λωρίδα πρόσβασης στην κύρια οδό με πλάτος 4.50m.

Όταν ο τύπος εισόδου ΚΕ 2 συνδυάζεται με δεξιά στροφή τύπου RA 1 εφαρμόζεται μεγάλη σταγόνα, ενώ με δεξιά στροφή τύπου RA 2 εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα έως 4m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος εισόδου ΚΕ 3 εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τον τύπο δεξιάς στροφής RA 3 σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 3 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση.

Διαθέτει μία λωρίδα πρόσβασης στην κύρια οδό με πλάτος 4.50m και εφαρμόζεται μεγάλη σταγόνα.

Στην περίπτωση κατά την οποία η δεξιά στρέφουσα κίνηση έχει αυξημένο ποσοστό βαρέων οχημάτων και η μηκοτομή της κύριας οδού προς την κατεύθυνση αυτή βρίσκεται σε ανωφέρεια, προβλέπεται εφαρμογή λωρίδας επιτάχυνσης μήκους 150m, η οποία αποκρύπτεται από την τριγωνική νησίδα.

Ο τύπος εισόδου ΚΕ 4 εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τον τύπο δεξιάς στροφής RA 4 σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 3 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση.

Διαθέτει μία λωρίδα πρόσβασης στην κύρια οδό με πλάτος 4.50m και εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα, όταν προβλέπεται, πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα 6m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m και συνδυάζεται με τύπο δεξιάς στροφής RA 4.

Ο τύπος εισόδου ΚΕ 5 εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τον τύπο δεξιάς στροφής RA 5 σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 3 κατά τη σύνδεσή τους με οδούς κλάσης EKL 4 και είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση.

Διαθέτει μία λωρίδα πρόσβασης στην κύρια οδό με πλάτος 4.50m και εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

Η διαγράμμιση της διερχόμενης λωρίδας επί της δευτερεύουσας οδού (EKL 4) αρχίζει εκεί όπου το πλάτος του οδοστρώματος γίνεται 6.50m.

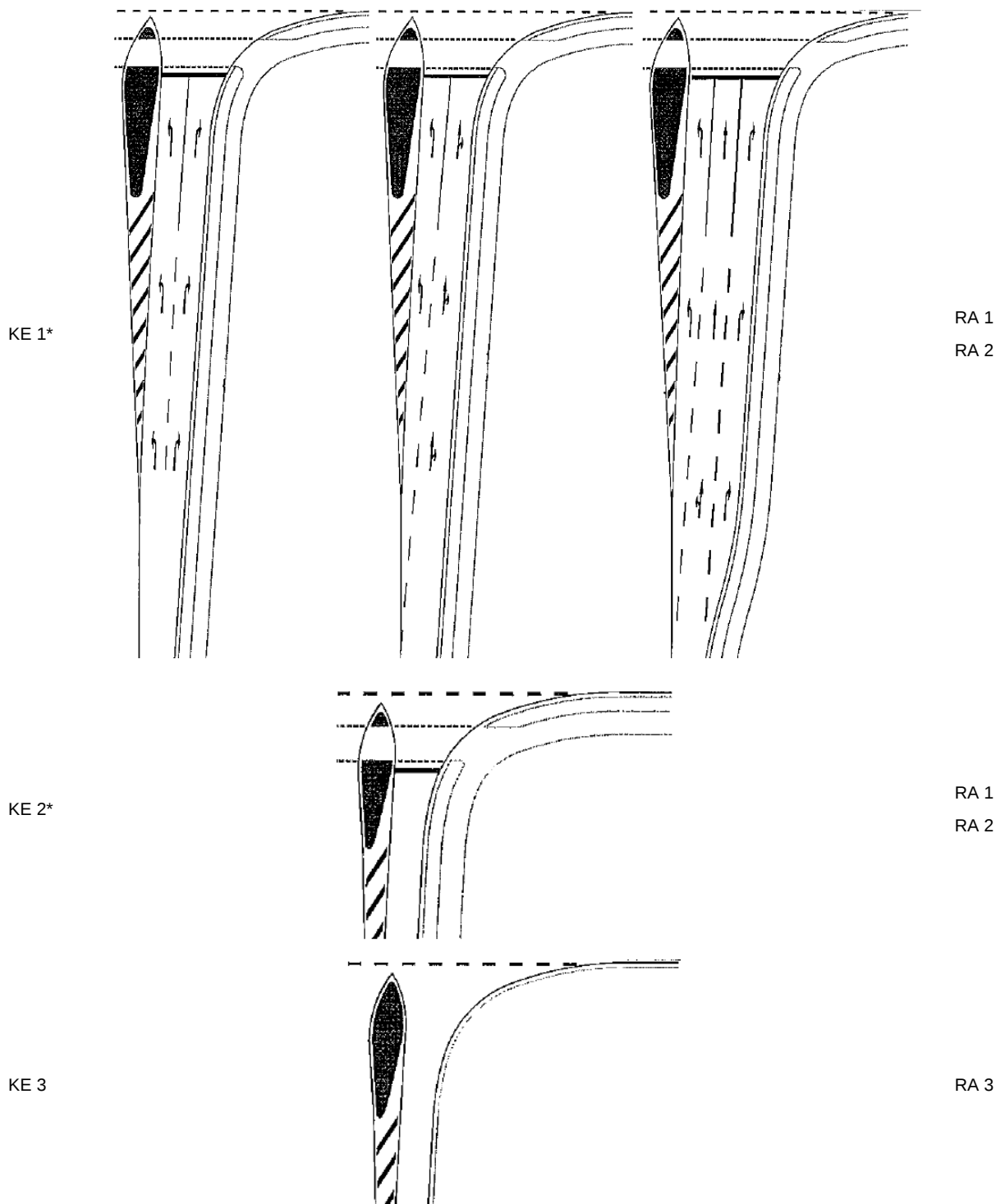
Η διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένη διάβαση η οποία απέχει κατά κανόνα 4m από την οριογραμμή της κύριας οδού με πλάτος κατά κανόνα 2.50m.

Ο τύπος εισόδου ΚΕ 6 εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τον τύπο δεξιάς στροφής RA 6 σε οδούς με κλάση σχεδιασμού EKL 4 και προφανώς είναι χωρίς φωτεινή σηματοδότηση.

Διαθέτει μία λωρίδα πρόσβασης στην κύρια οδό με πλάτος 4.50m και εφαρμόζεται μικρή σταγόνα.

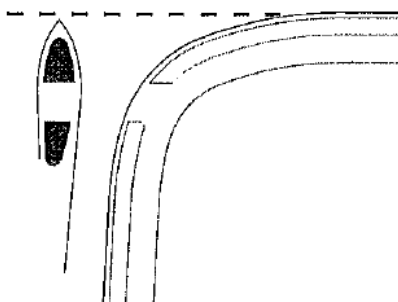
Η διαγράμμιση της διερχόμενης λωρίδας επί της δευτερεύουσας οδού (EKL 4) αρχίζει εκεί όπου το πλάτος του οδοστρώματος γίνεται 6.50m.

Δεν υπάρχουν ειδικές διαμορφώσεις για τη διάσχιση της δευτερεύουσας οδού από πεζούς και ποδήλατα.



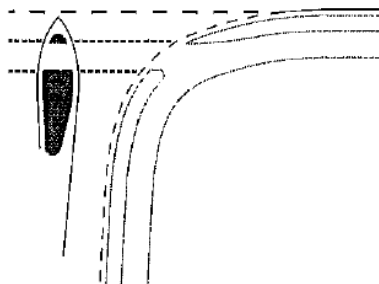
Σημείωση. * Συνδυάζεται με τύπο δεξιάς στροφής RA 2 και μικρή σταγόνα ή RA 1 και μεγάλη σταγόνα.
Σχήμα 4.9α. Τύποι εισόδου (KE 1 – KE 3) [5].

ΚΕ 4



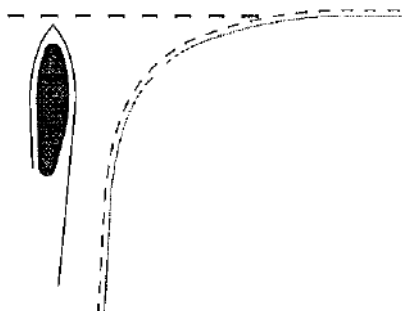
RA 4

ΚΕ 5



RA 5

ΚΕ 6*



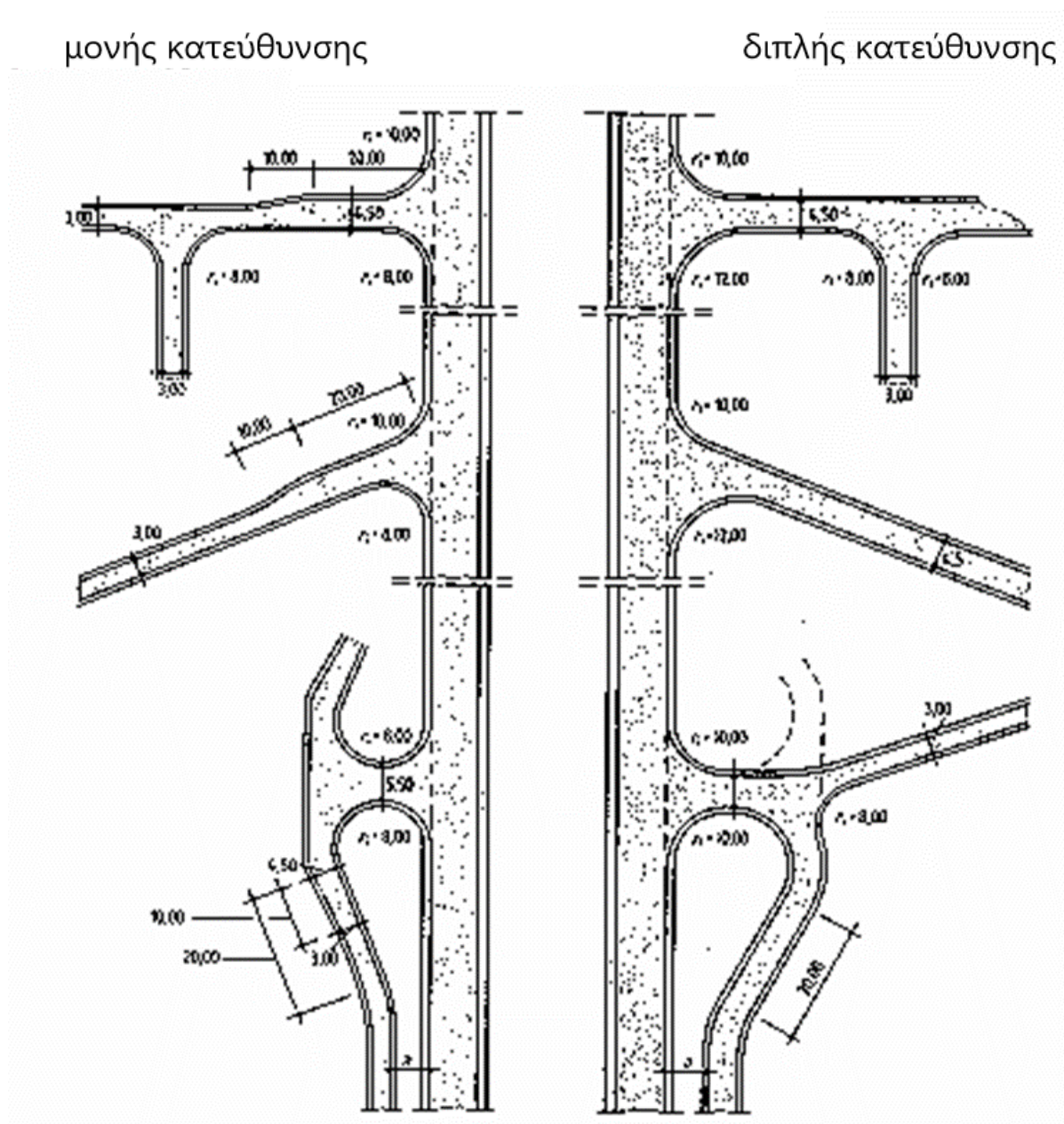
RA 6*

Σημείωση. * Όταν εξασφαλίζονται επαρκείς συνθήκες αναγνώρισης του κόμβου, η σταγόνα μπορεί να παραλειφθεί.

Σχήμα 4.9β. Τύποι εισόδου (ΚΕ 3 – ΚΕ 6) [5].

4.7 Συμβολές με Αγροτικές Οδούς

Γενικές κατευθύνσεις σχεδιασμού των συμβολών με αγροτικές οδούς δίδονται από το Σχήμα 4.10.



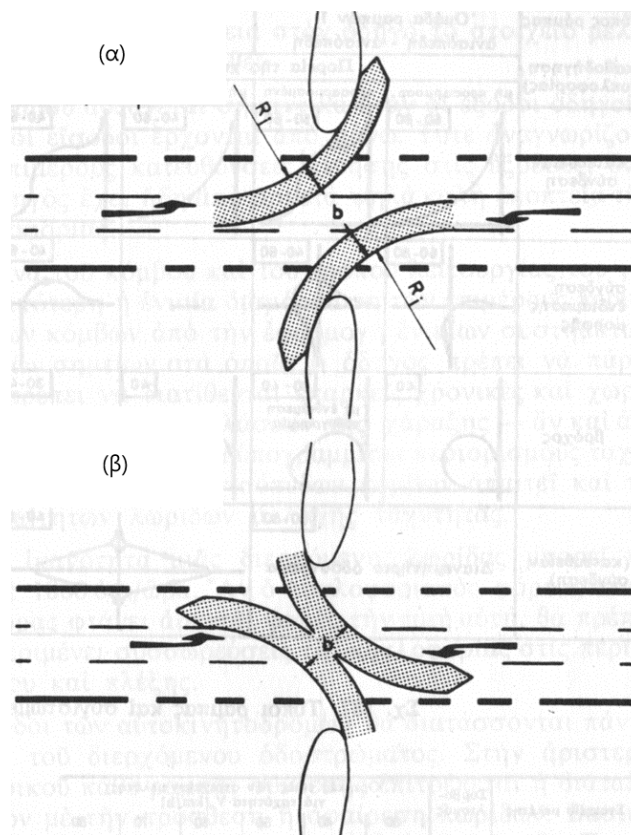
Σχήμα 4.10. Συμβολές με αγροτικές οδούς [12].

4.8 Ίχνη Κατάληψης Οχημάτων

Θα πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις σχεδιασμού κόμβων να ελέγχεται η επάρκεια του κυκλοφοριακού χώρου από τα ίχνη κατάληψης οχημάτων. Ο έλεγχος αυτός είναι ιδιαίτερα επιβεβλημένος στους τετρασκελείς κόμβους, όπου πρέπει να διερευνάται επιπρόσθετα πιθανή εμπλοκή μεταξύ των ιχνών κατάληψης κατά τις αριστερόστροφες κινήσεις εισόδου και εξόδου.

Στο Σχήμα 4.11 φαίνεται η ελάχιστη απόσταση b προκειμένου σε ταυτόχρονες αριστερόστροφες κινήσεις εισόδου και εξόδου να μην τέμνονται οι επιφάνειες κατάληψης των οχημάτων. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις

- Έξοδος με αριστερή στροφή (α)
 - $b \geq 8.0\text{m}$ για $R_i \geq 15\text{m}$
 - $b \geq 10.0\text{m}$ για $R_i < 15\text{m}$
- Είσοδος με αριστερή στροφή (β)
 - $b \geq 6.0\text{m}$



Σχήμα 4.11. Απόσταση b προκειμένου να μην τέμνονται οι επιφάνειες κατάληψης [12].

Τα ίχνη κατάληψης προσδιορίζονται και με σχετικά λογισμικά τα οποία παρέχουν ιδιαίτερα ικανοποιητική ακρίβεια. Στις περιπτώσεις αυτές καλό είναι να λαμβάνεται και ένα περιθώριο ασφάλειας της τάξης των 0.50m. Βασική προϋπόθεση βέβαια είναι η ορθή επιλογή του οχήματος σχεδιασμού.

4.9 Σημεία Διαβάσεων

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην κατασκευή διαβάσεων ώστε να πραγματοποιείται με ασφάλεια η διάσχιση του οδοστρώματος από πεζούς και ποδηλάτες. Οι διαβάσεις, όσον αφορά στους οδηγούς, θα πρέπει να είναι σε τέτοια απόσταση ώστε να μπορούν να μειώσουν ανάλογα την ταχύτητα τους. Για τους χρήστες των διαβάσεων, θα πρέπει να παρέχεται ορατότητα ελεύθερη από εμπόδια (πχ. βλάστηση).

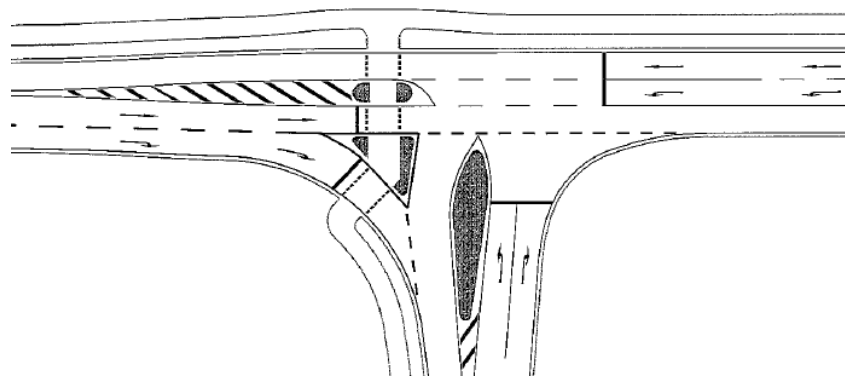
Οι διαβάσεις θα πρέπει να είναι κοντά στην περιοχή των κόμβων. Γενικά ως περιοχή χωροθέτησής τους, προτιμάται η περιοχή της επιφάνειας αποκλεισμού αμέσως μετά την αριστερή στροφή εξόδου, όπου διατίθεται το αναγκαίο πλάτος.

Σε ειδικές περιπτώσεις, σε περιοχές όπου αποδεδειγμένα δεν αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες, σημεία διαβάσεων δύνανται να εφαρμοστούν και εκτός της περιοχής του κόμβου (πχ. περιοχή εισόδου οικισμού). Τότε θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

- Να εφαρμόζεται κατάλληλη σήμανση (περιορισμού ταχύτητας, διάβασης, κλπ.) ενώ το οδόστρωμα της διάβασης θα πρέπει να είναι χρωματισμένο
- Τα σημεία διάβασης θα πρέπει να είναι έγκαιρα αναγνωρίσιμα από τους ποδηλάτες και να παρέχεται ικανοποιητικός χώρος αναμονής
- Στην περίπτωση που η θέση της διάβασης παρουσιάζει αυξημένο φόρτο πεζών, ποδηλάτων ή άλλων ευάλωτων χρηστών (πχ. μαθητές), θα πρέπει να προβλέπεται κεντρική νησίδα
- Η κεντρική νησίδα θα πρέπει να είναι ορατή από τους οδηγούς τόσο σε συνθήκες ημέρας όσο και νύχτας, διαφορετικά, συνιστάται η τοποθέτηση φωτισμού
- Πριν και μετά τη νησίδα θα πρέπει να σχεδιάζεται επιφάνεια αποκλεισμού

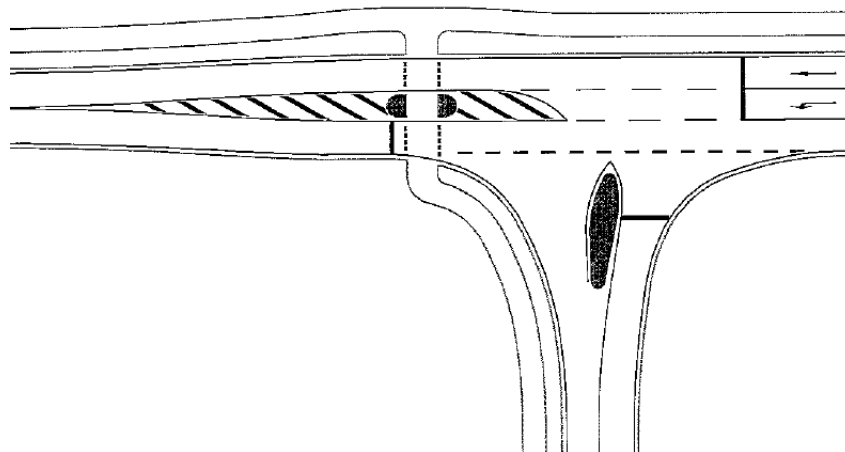
Αν πεζόδρομος και ποδηλατόδρομος βρίσκονται παράλληλα και στις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας, θα πρέπει να δημιουργούνται συνθήκες για ασφαλή διάσχιση της οδού.

Στο Σχήμα 4.12(α,β) φαίνεται διάταξη διάβασης εντός περιοχής κόμβου. Πιο συγκεκριμένα, απεικονίζονται περιπτώσεις με τριγωνική νησίδα (Σχήμα 4.12α) και χωρίς τριγωνική νησίδα (Σχήμα 4.12β) αντίστοιχα.



(α) με τριγωνική νησίδα

τύποι αριστερής στροφής εξόδου, δεξιάς στροφής εξόδου και δεξιάς στροφής εισόδου LA 1, RA 1 και KE 1 αντίστοιχα

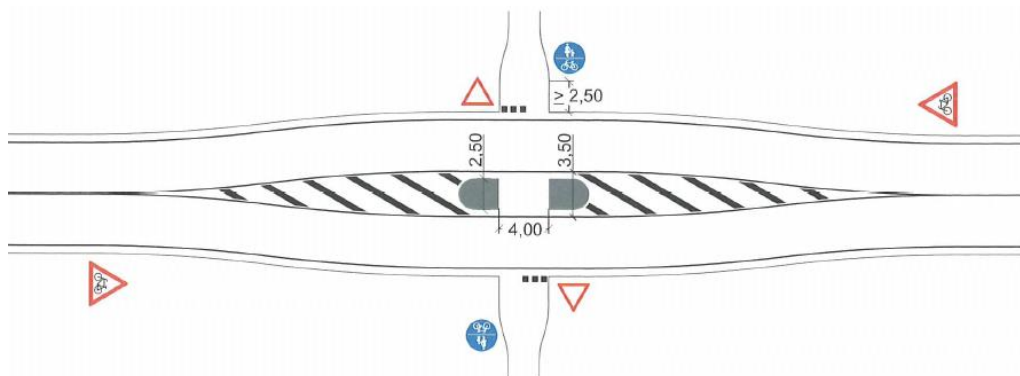


(β) χωρίς τριγωνική νησίδα

τύποι αριστερής στροφής εξόδου, δεξιάς στροφής εξόδου και δεξιάς στροφής εισόδου LA 1, RA 2 και KE 2 αντίστοιχα

Σχήμα 4.12(α,β). Διάταξη διάβασης με νησίδα εντός περιοχής κόμβου [5].

Η περίπτωση διάβασης εκτός περιοχής κόμβου παρατίθεται στο Σχήμα 4.13, όπου μεταξύ άλλων απεικονίζονται και λεπτομέρειες διαστασιολόγησής της, οι οποίες εφαρμόζονται και στην περίπτωση χωροθέτησης διαβάσεων εντός περιοχής κόμβου.



Σχήμα 4.13. Διάταξη διάβασης με νησίδα εκτός περιοχής κόμβου [5].

4.10 Συναρμογή Οριογραμμών

Στους κόμβους η συναρμογή μεταξύ οριογραμμών στρογγυλεύεται με χρήση κυκλικών τόξων.

Παρότι στις οδηγίες RAL, 2012 προβλέπονται τυποποιημένες μορφές συναρμογών στις οριογραμμές, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι απαραίτητος πρόσθετος έλεγχος της επάρκειάς τους μέσω εξέτασης των ιχνών κατάληψης του επιλεγέντος οχήματος σχεδιασμού με βάση σχετικό λογισμικό.

Αν στην περιοχή συναρμογής των οριογραμμών δεν εισέρχεται ή εξέρχεται όχημα, η στρογγύλευση γίνεται με τόξο μικρής ακτίνας (πχ. $R=1.0m$). Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η στρογγύλευση γίνεται με όρους δυναμικής της κίνησης των οχημάτων λαμβάνοντας υπόψη και τους κυκλοφοριακούς φόρτους στις στρέφουσες αυτές κινήσεις.

Σύμφωνα με τους τύπους δεξιών στροφών εισόδου και εξόδου κατά RAL, 2012 που εξετάστηκαν:

- Η δεξιά στροφή εξόδου
 - στη μεγάλη σταγόνα (άρα και τριγωνική νησίδα), σχεδιάζεται με κυκλικό τόξο ($R=20m$ ή $R=25m$, ανάλογα με τη γωνία στροφής)
 - στη μικρή σταγόνα, σχεδιάζεται με τρίτοξο
- Η δεξιά στροφή εισόδου
 - σχεδιάζεται με τρίτοξο

Στις περιπτώσεις εφαρμογής μεγάλης σταγόνας, το όχημα στη διαδικασία δεξιάς στροφής εξόδου γενικά καθοδηγείται από την τριγωνική νησίδα όπου η χρήση απλού κυκλικού τόξου είναι ικανοποιητική.

Στις περιπτώσεις εφαρμογής μικρής σταγόνας, στην περιοχή εξόδου και στη διαδικασία εισόδου εφαρμόζεται τρίτοξο, δηλαδή αλληλουχία τριών κυκλικών τόξων με σχέση ακτίνων κατά τη φορά κίνησης $R_E/R_H/R_A = 2/1/3$, όπου το πρώτο και το τελευταίο τόξο έχουν σταθερές επίκεντρες γωνίες $17.5grad$ και $22.5grad$ αντίστοιχα (Σχήμα 4.14).

Το τρίτοξο προσαρμόζεται καλύτερα στα ίχνη κατάληψης των βαρέων κυρίως οχημάτων.

Η γεωμετρία της τρίτοξης καμπύλης δίδεται στο Σχήμα 4.15, όπου ισχύουν οι εξής εξισώσεις:

$$T_E = R_H \left(0.2714 + 1.0375 \cdot \tan \frac{\beta}{2} + \frac{0.0861}{\sin \beta} \right) \quad (4.7)$$

$$T_A = R_H \left(0.6922 + 1.1236 \cdot \tan \frac{\beta}{2} - \frac{0.0861}{\sin \beta} \right) \quad (4.8)$$

$$\Delta R_E = 0.0375 R_H \quad (4.9)$$

$$\Delta R_A = 0.1236 R_H \quad (4.10)$$

$$Y_E = 0.0750 R_H \quad (4.11)$$

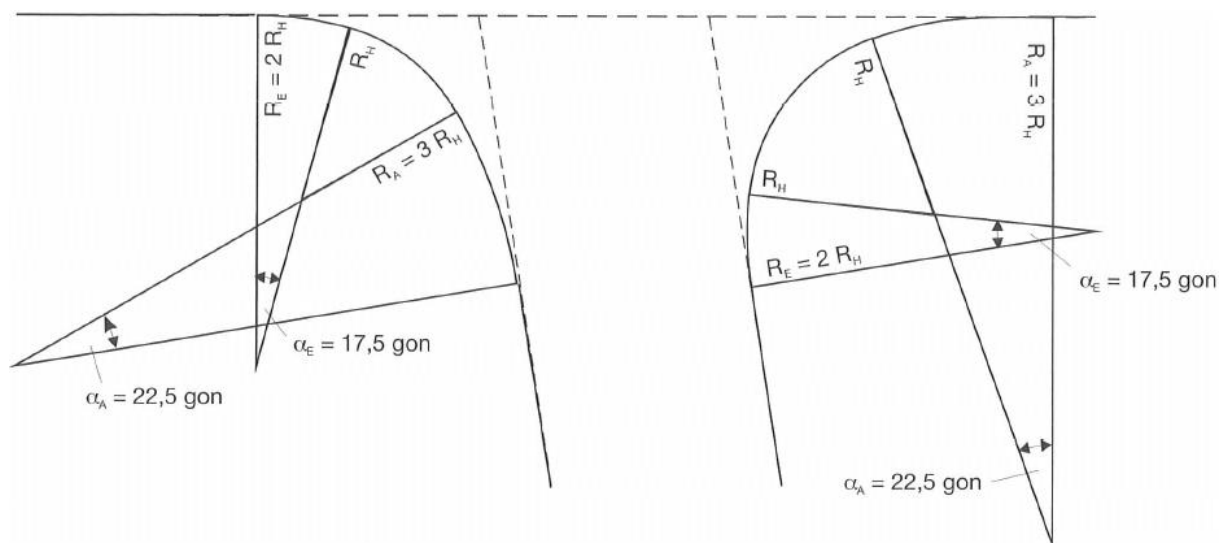
$$Y_A = 0.1854 R_H \quad (4.12)$$

$$X_{mE} = 0.2714 R_H \quad (4.13)$$

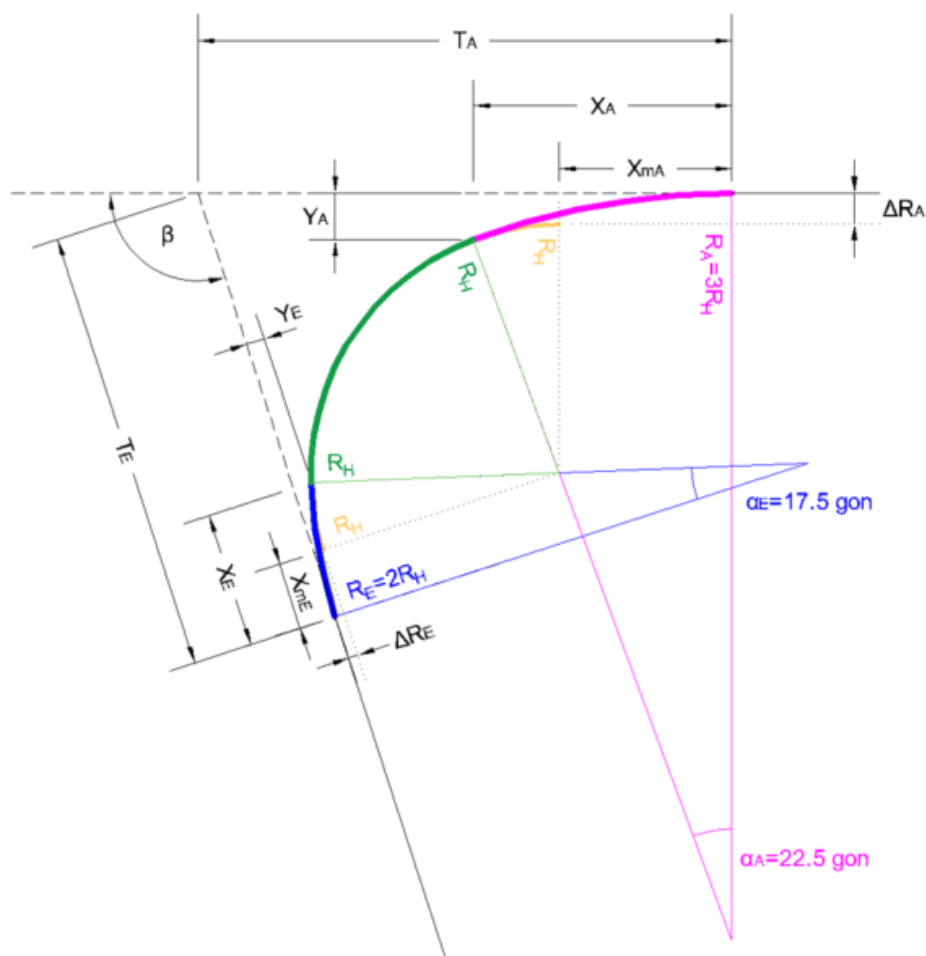
$$X_{mA} = 0.6922R_H \quad (4.14)$$

$$X_E = 0.5428R_H \quad (4.15)$$

$$X_A = 1.0383R_H \quad (4.16)$$



Σχήμα 4.14. Εφαρμογή τρίτοξης καμπύλης στη δεξιά στροφή εισόδου – εξόδου [5].



Σχήμα 4.15. Γεωμετρία τρίτοξης καμπύλης.

Στον Πίνακα 4.3 που ακολουθεί δίδονται προτεινόμενες τιμές για την ακτίνα του κεντρικού κυκλικού τόξου R_H . Επισημαίνεται ότι οι τιμές αυτές αποτελούν μια πρώτη προσέγγιση και αφορούν κόμβους με γωνία τομής μεταξύ πρωτεύουσας – δευτερεύουσας οδού κοντά στα 100grad.

	Δεξιά Στροφή Εξόδου		Δεξιά Στροφή Εισόδου	
Τύπος	RA 2, RA 4, RA 5	RA 6	KE 1, KE 2, KE 3, KE 4, KE 5	KE 6
R_H (m)	15	12	12	10

Σημείωση. R_H : Ακτίνα κεντρικού τόξου στο τρίτοξο.

Πίνακας 4.3. Προτεινόμενες τιμές ακτίνας κεντρικού κυκλικού τόξου R_H [5].

4.11 Υψομετρική Διαμόρφωση

Τα περιεχόμενα του παρόντος εδαφίου αποτελούν απόσπασμα από την [1].

Με την υψομετρική διαμόρφωση ενός οδικού τμήματος/κόμβου προσδιορίζονται με εποπτικό τρόπο τα υψόμετρα σε μια οριζοντιογραφική απεικόνιση. Στα συνήθη οδικά τμήματα, τα σχέδια της κατά μήκος τομής, των κατά πλάτος τομών (διατομών), του διαγράμματος επικλίσεων και τυχόν άλλες λεπτομέρειες δίνουν επαρκώς την εικόνα του έργου στο χώρο. Υπάρχουν όμως περιοχές όπου:

- Απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια στον υψομετρικό καθορισμό της τελικής στάθμης του έργου (π.χ. δάπεδα σταθμεύσεως)
- Δύσκολα απεικονίζεται με τους παραπάνω τρόπους η τελική στάθμη του έργου (πχ. ισόπεδοι κόμβοι)
- Η ακριβής υψομετρική διαμόρφωση έχει μεγάλη σημασία (πχ. αποστράγγιση αεροδρομίων)

Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται για την υψομετρική διαμόρφωση η ίδια βασική ιδέα που εφαρμόζεται για την απεικόνιση του φυσικού εδάφους με ισοϋψείς καμπύλες, με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση οι ισοϋψείς καμπύλες απεικονίζουν την τελική στάθμη της διαμορφωμένης επιφάνειας.

4.11.1 Υψομετρική Διαμόρφωση Οδού σε Ευθυγραμμία με Σταθερή Κλίση

Για τη σχεδίαση της υψομετρικής διαμόρφωσης ορίζονται κατ' αρχήν τα σημεία τομής των ισοϋψών με τον άξονα της οδού. Στην περιοχή του σημείου Α, σε αμφικλινές οδόστρωμα ισχύει (Σχήμα 4.16):

$$h_E = h_B + e \frac{b}{2} \quad (4.17)$$

$$h_E = h_A + s(AE) \quad (4.18)$$

$$h_A = h_\Gamma + c e_{\text{ερείσματος}} \quad (4.19)$$

$$h_A = h_B + s(BA) \quad (4.20)$$

όπου:

h_i : υψόμετρο σημείου i (m)

b : πλάτος οδοστρώματος (m)

c : πλάτος ερείσματος (m)

s : κατά μήκος κλίση (%)

e : επίκλιση οδοστρώματος (%)

$e_{\text{ερείσματος}}$: επίκλιση ερείσματος (%)

(AE): το μήκος της προβολής στον άξονα της ισοϋψούς καμπύλης μεταξύ των οριογραμμών του οδοστρώματος στον άξονα της οδού

(BA): το μήκος της προβολής στην οριογραμμή του οδοστρώματος της ισοϋψούς καμπύλης του ερείσματος στην οριογραμμή του οδοστρώματος

Τα σημεία Α, Β και Γ ανήκουν στην ίδια ισοϋψή καμπύλη και επομένως ισχύει:

$$h_A = h_B = h_\Gamma \quad (4.21)$$

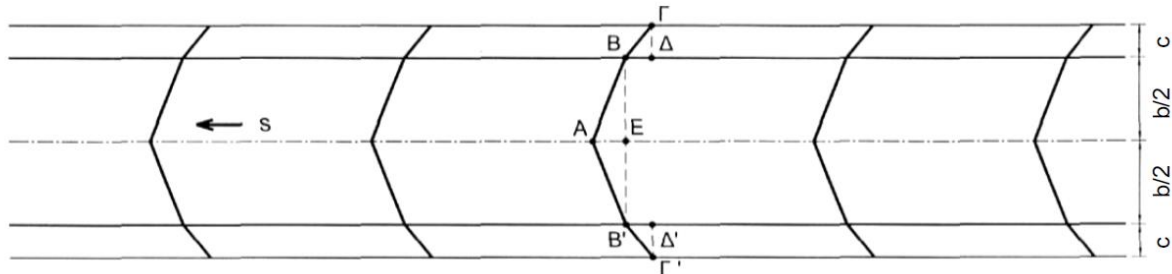
Από την Εξίσωση (4.17), την Εξίσωση (4.18) και την Εξίσωση (4.21) είναι:

$$(AE) = \frac{e \frac{b}{2}}{s} \quad (4.22)$$

Από την Εξίσωση (4.19), την Εξίσωση (4.20) και την Εξίσωση (4.21) είναι:

$$(B\Delta) = \frac{ce_{\text{ερείσματος}}}{s} \quad (4.23)$$

Τελικά η τεθλασμένη γραμμή Γ'Β'ΑΒΓ είναι η ζητούμενη ισοϋψής καμπύλη.



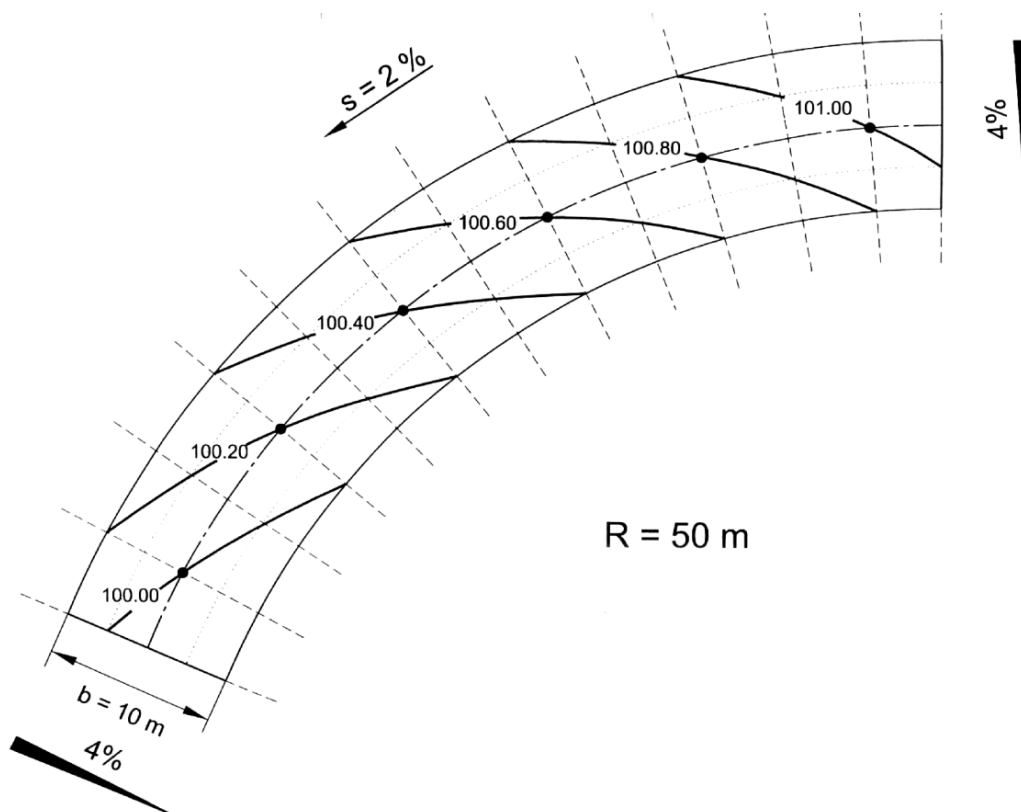
Σχήμα 4.16. Υψομετρική διαμόρφωση οδού σε ευθυγραμμία με σταθερή κλίση ($e=2.50\%$, αμφικλινής διατομή) [1].

4.11.2 Υψομετρική Διαμόρφωση Οδού σε Καμπύλη με Σταθερή Κλίση

Η διαδικασία σχεδιασμού της υψομετρικής διαμόρφωσης είναι όμοια με την περίπτωση της ευθυγραμμίας.

Επισημαίνεται ότι οι ισοϋψείς σε καμπύλο τμήμα οδού είναι καμπύλες και όχι ευθύγραμμα τμήματα, συνήθως όμως αρκεί η προσέγγισή τους με ευθύγραμμα τμήματα χρησιμοποιώντας κάποια ενδιάμεσα παρεμβαλλόμενα σημεία. Έτσι, είναι σκόπιμο να υπολογίζονται τα σημεία τομής των ισοϋψών όχι μόνο με τον άξονα και τις οριογραμμές, αλλά και με το μέσο της λωρίδας της κάθε κατεύθυνσης κυκλοφορίας.

Η υψομετρική διαμόρφωση οδού σε καμπύλη με σταθερή κλίση δίδεται στο Σχήμα 4.17.

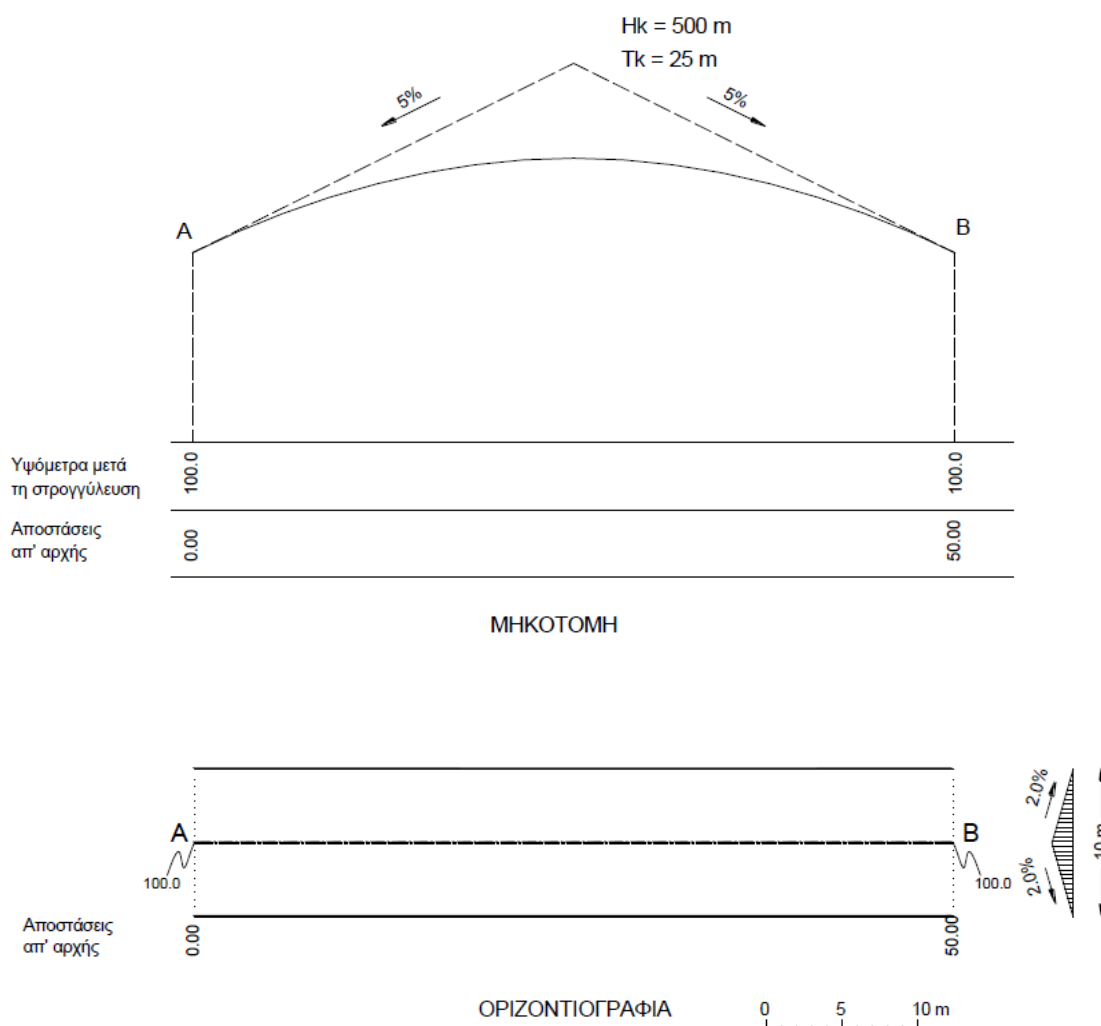


Σχήμα 4.17. Υψομετρική διαμόρφωση οδού σε καμπύλη με σταθερή κλίση [1].

4.11.3 Εφαρμογές Υψομετρικής Διαμόρφωσης Οδού

Εφαρμογή 1

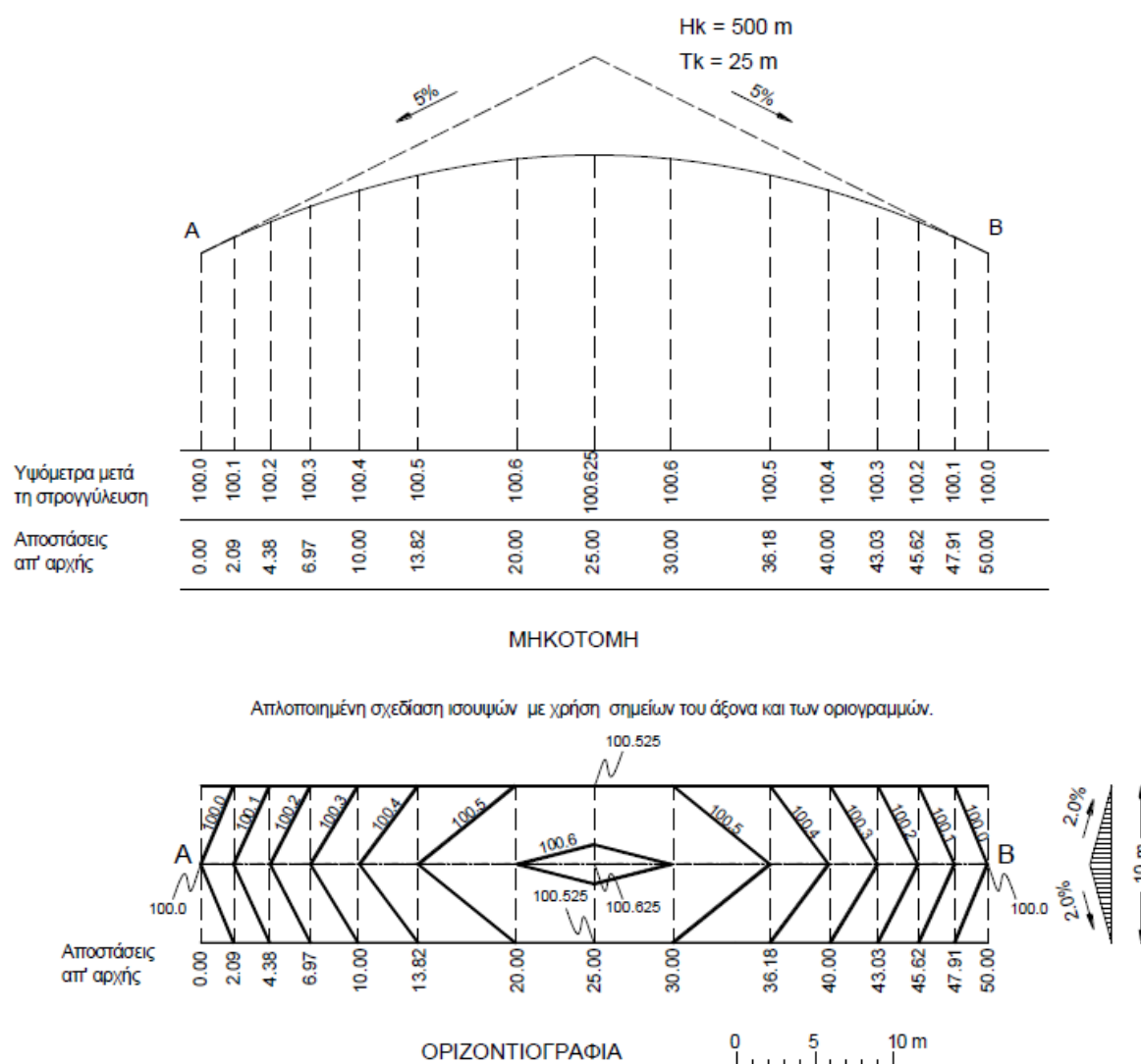
Να γίνει υψομετρική διαμόρφωση στο οδικό τμήμα AB (Σχήμα 4.18) στην περιοχή κυρτώματος με ισοϋψείς ισοδιάστασης 0.10m.



Σχήμα 4.18. Μηκτομή και Οριζοντιογραφία οδικού τμήματος AB [1].

Με αρχή το σημείο A και ισοδιάσταση 0.10m, υπολογίζονται τα υψόμετρα μετά τη στρογγύλευση στο κύρτωμα AB και οι αποστάσεις των αντιστοίχων σημείων απ' την αρχή A. Τα παραπάνω σημεία σχεδιάζονται στον άξονα της οδού, στην οριζοντιογραφία.

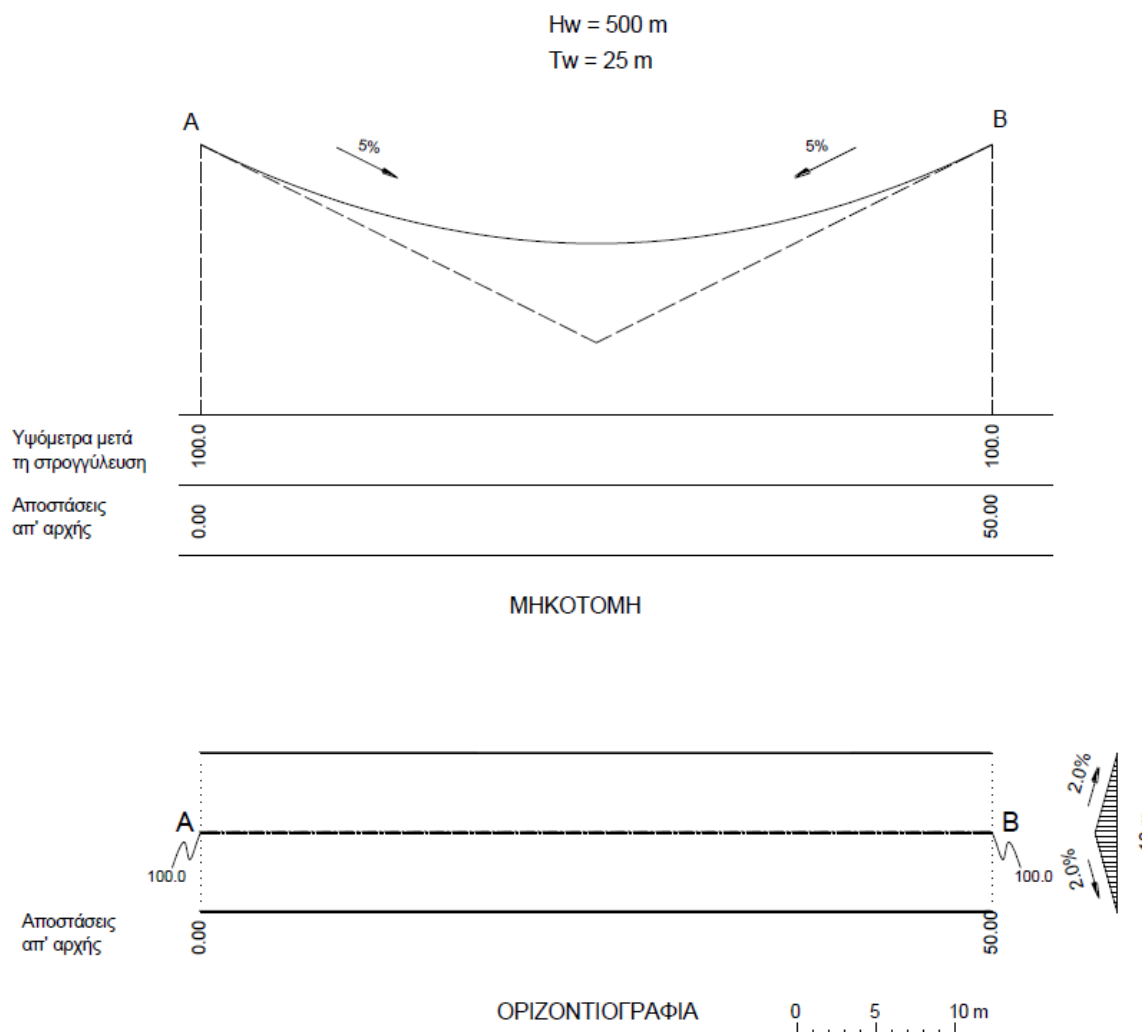
Από αυτά τα σημεία του άξονα και με βάση την επίκλιση των διατομών σημειώνονται στις οριογραμμές τα σημεία που έχουν το ίδιο υψόμετρο με τον άξονα (ανά 0.10m) και σχεδιάζονται οι ισοϋψείς (Σχήμα 4.19).



Σχήμα 4.19. Υψομετρική διαμόρφωση οδικού τμήματος σε ευθυγραμμία με μηκοτομή σε κύρτωμα [1].

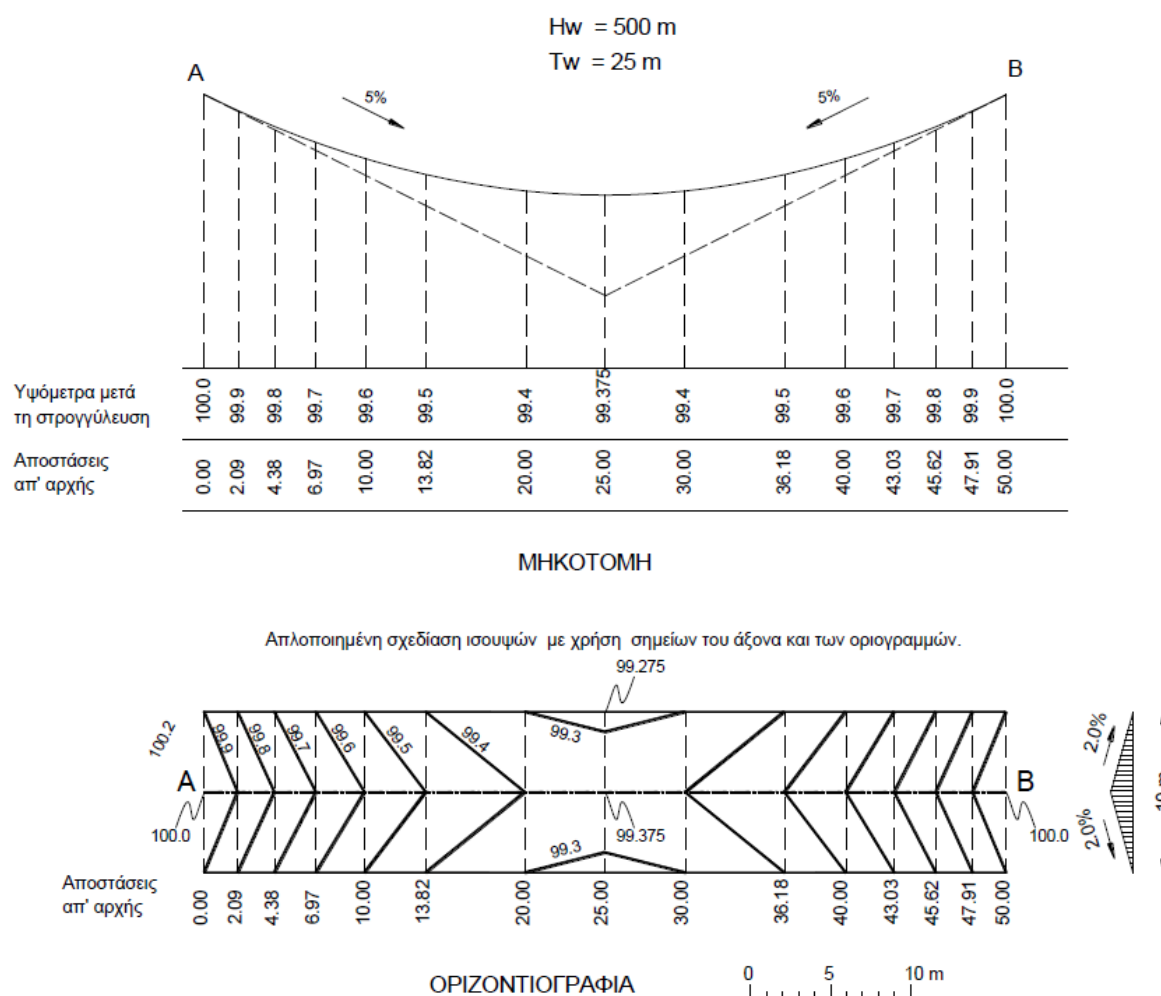
Εφαρμογή 2

Να γίνει υψομετρική διαμόρφωση στο οδικό τμήμα AB (Σχήμα 4.20) στην περιοχή κοιλώματος με ισοϋψείς ισοδιάστασης 0.10m.



Σχήμα 4.20. Μηκτομή και Οριζοντιογραφία οδικού τμήματος AB [1].

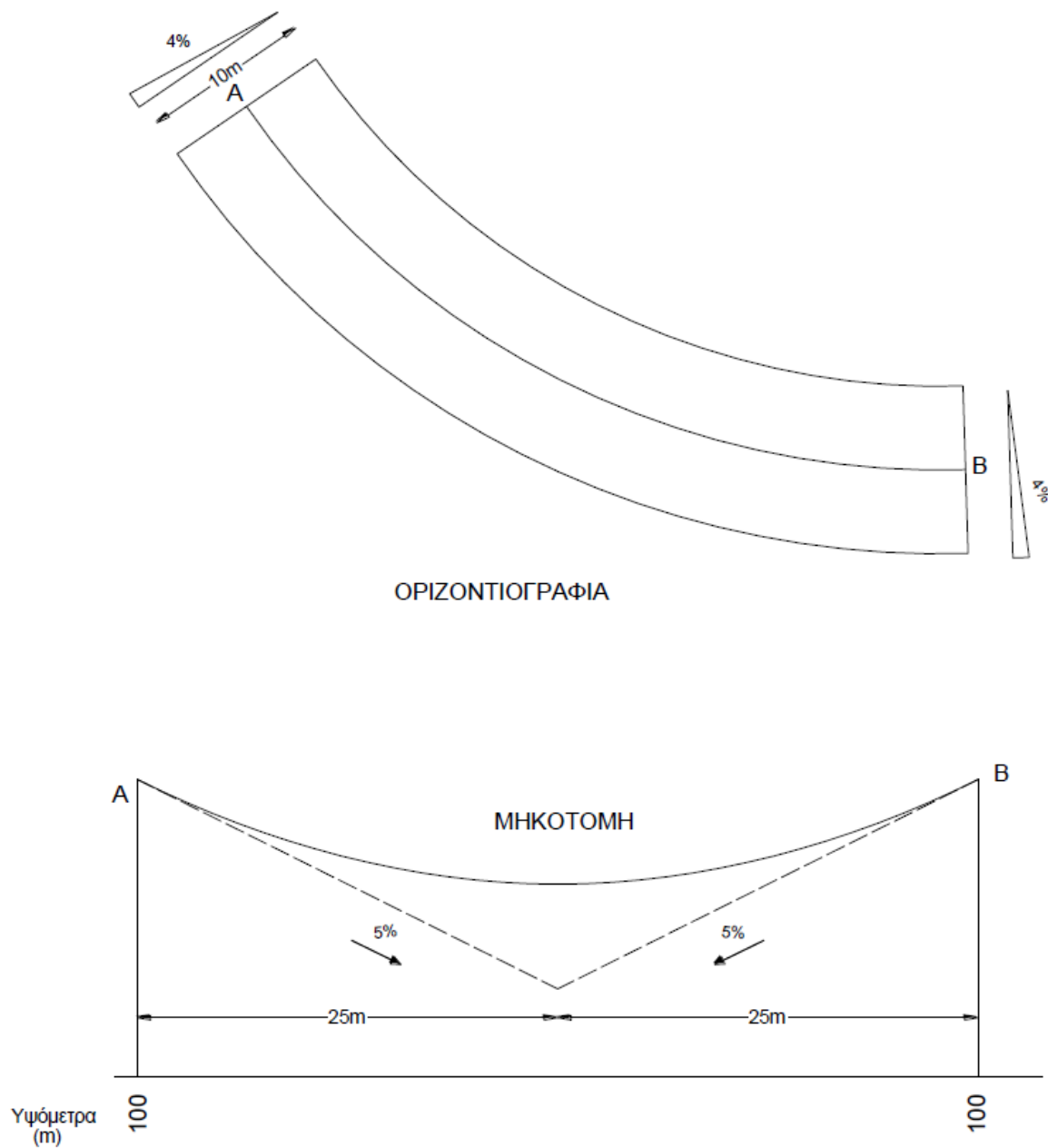
Με αρχή το σημείο A και ισοδιάσταση 0.10m, υπολογίζονται τα υψόμετρα μετά τη στρογγύλευση στο κοίλωμα AB και οι αποστάσεις των αντιστοίχων σημείων απ' την αρχή A. Τα παραπάνω σημεία σχεδιάζονται στον άξονα της οδού, στην οριζοντιογραφία. Από αυτά τα σημεία του άξονα και με βάση την επίκλιση των διατομών σημειώνονται στις οριογραμμές τα σημεία που έχουν ίσα υψόμετρα με τον άξονα (ανά 0.10m) και σχεδιάζονται οι ισοϋψείς (Σχήμα 4.21).



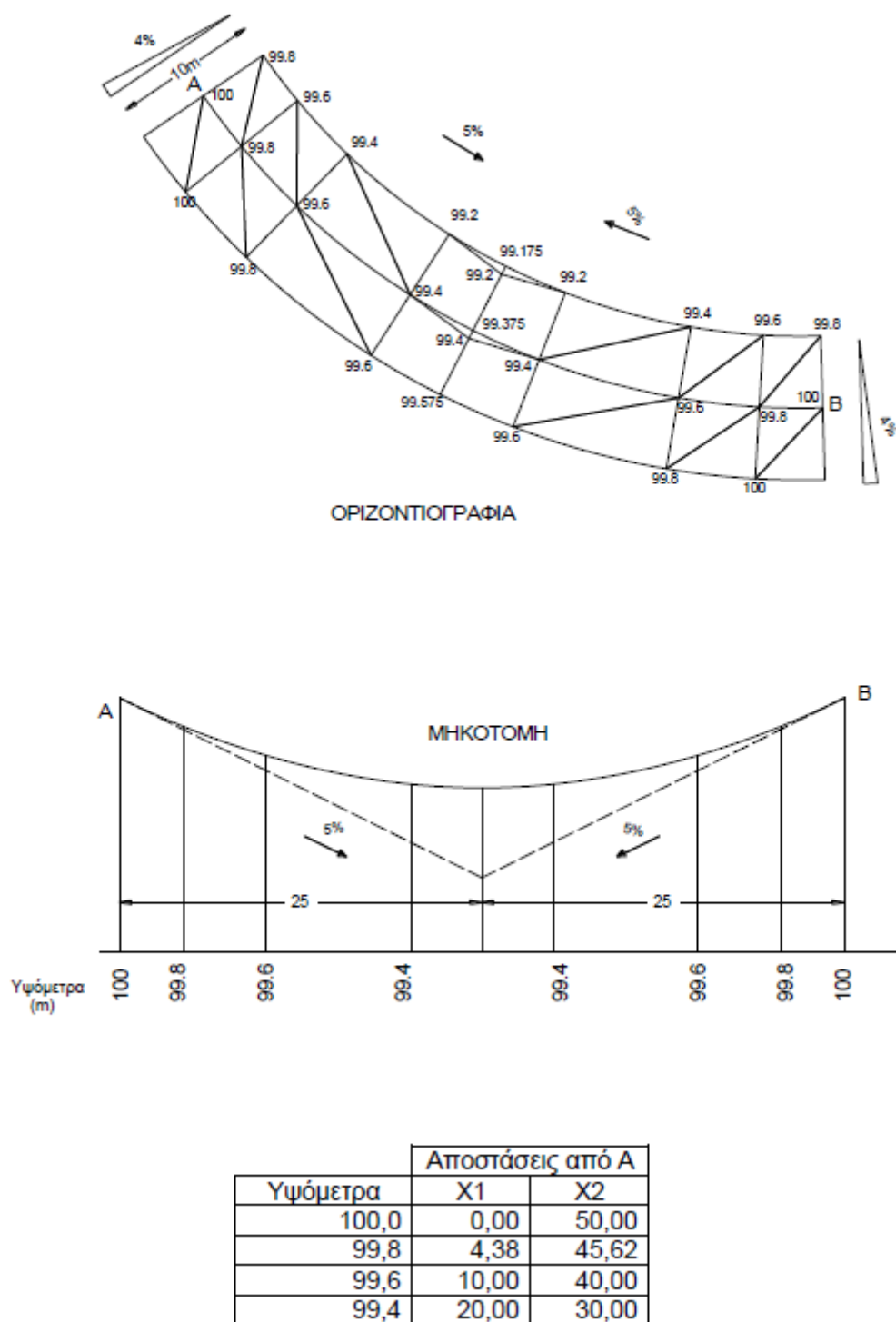
Σχήμα 4.21. Υψομετρική διαμόρφωση οδικού τμήματος σε ευθυγραμμία με μηκοτομή σε κοίλωμα [1].

Εφαρμογή 3

Να γίνει υψομετρική διαμόρφωση στο οδικό τμήμα ΑΒ σε περιοχή κοιλάματος με ισοϋψείς ισοδιάστασης 0.20m. Ο άξονας ΑΒ είναι κυκλικό τόξο ακτίνας $R=50\text{m}$ (Σχήμα 4.22).



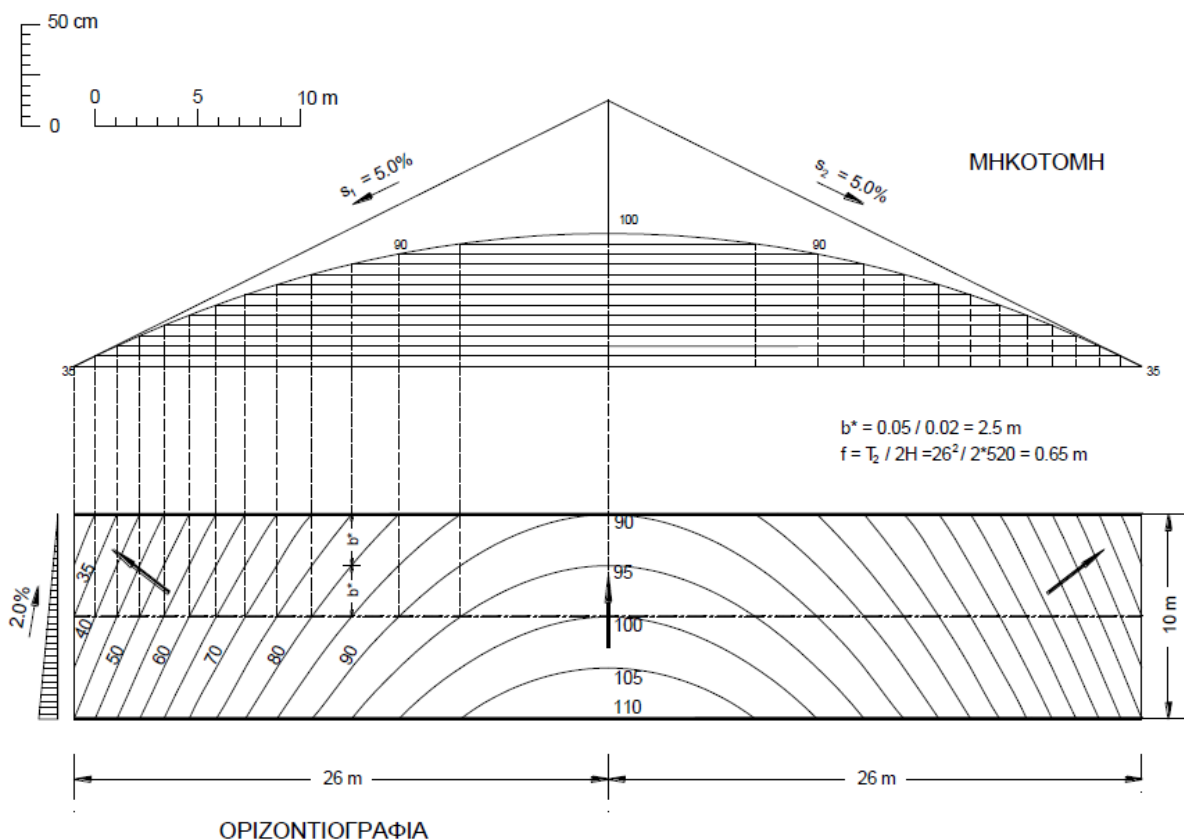
Σχήμα 4.22. Μηκτομή και Οριζοντιογραφία οδικού τμήματος ΑΒ [1].



Σχήμα 4.23. Υψομετρική διαμόρφωση οδικού τμήματος σε καμπύλη με μηκοτομή σε κοίλωμα [1].

Εφαρμογή 4

Να γίνει υψομετρική διαμόρφωση οδικού τμήματος σε ευθυγραμμία με μηκοτομή σε κύρτωμα (Σχήμα 4.24).



Σημείωση. b^* = οριζόντια απόσταση μεταξύ διαδοχικών ισοϋψών σε μια διατομή

Σχήμα 4.24. Υψομετρική διαμόρφωση οδικού τμήματος σε καμπύλη με μηκοτομή σε κύρτωμα [1].

4.11.4 Υψομετρική Διαμόρφωση Ισόπεδου Κόμβου**4.11.4.1 Περίπτωση Τρισκελούς Κόμβου με Μεγάλη Σταγόνα και Τριγωνική Νησίδα**

Ακολουθούνται τα εξής βήματα:

1. Ορίζονται τα χαρακτηριστικά σημεία Α, Β, Γ, Δ και υπολογίζονται τα μήκη των αντιστοίχων τμημάτων ΑΒ, ΒΓ, ΓΔ της οριογραμμής εξόδου ΑΔ (Σχήμα 4.25). Η οριογραμμή χιλιομετρείται κατά τη φορά διαγραφής της, δηλαδή από Α προς Δ.
2. Χαράζεται η μηκοτομή της οριογραμμής ΑΔ (Σχήμα 4.26). Τα υψόμετρα και οι κατά μήκος κλίσεις στα άκρα Α και Δ της οριογραμμής συμπίπτουν με τα αντίστοιχα μεγέθη των οριογραμμών της κύριας (θέση Α) και της δευτερεύουσας (θέση Δ) οδού. Τα υψόμετρα στις θέσεις 2 και 4 προσδιορίζονται από τα υψόμετρα του αριστερά ίχνους της λωρίδας εξόδου για πλάτος λωρίδας 5.50 m και επίκλιση 2%.
3. Ορίζονται στην καμπύλη της μηκοτομής (Σχήμα 4.27), οι θέσεις και οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων T1, T2, T3, ... της οριογραμμής που έχουν υψόμετρα ίσα προς τα υψόμετρα των προς χάραξη ισοϋψών. Τα σημεία αυτά, που είναι τα σημεία τομής των ισοϋψών με την οριογραμμή μεταφέρονται στην οριζοντιογραφία (Σχήμα 4.28).
4. Χαράζονται οι γραμμές (άξονες) των διατομών (ευθείες κάθετες στην οριογραμμή) στις θέσεις των σημείων τομής ισοϋψών και οριογραμμής (Σχήμα 4.29α). Η απόσταση b μεταξύ σημείων τομής ενός άξονα διατομής με δύο διαδοχικές ισοϋψείς δίνεται από τη σχέση:

$$b = \frac{\Delta h \cdot 10^5}{e \cdot K} \quad (4.24)$$

όπου:

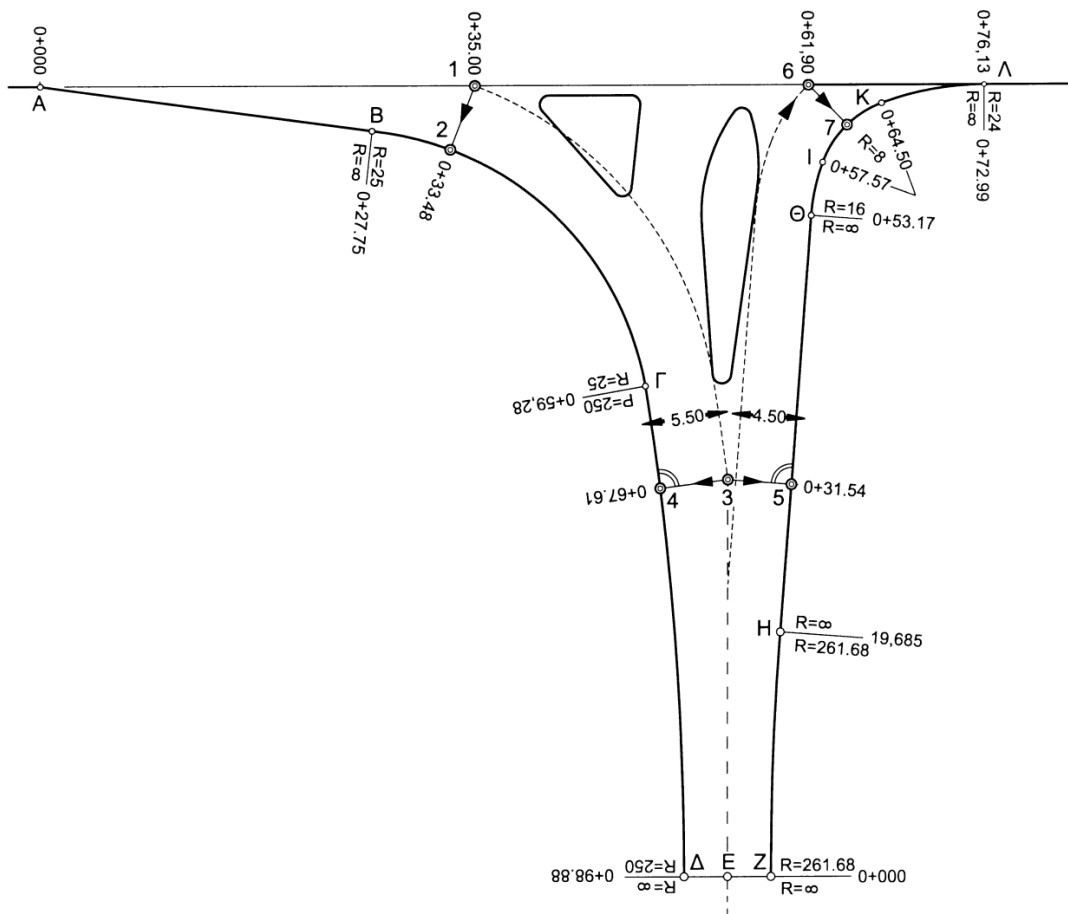
b: απόσταση σημείων τομής διαδοχικών ισοϋψών με τον άξονα διατομής (mm)

Δh: ισοδιάσταση των προς χάραξη ισοϋψών, (m)

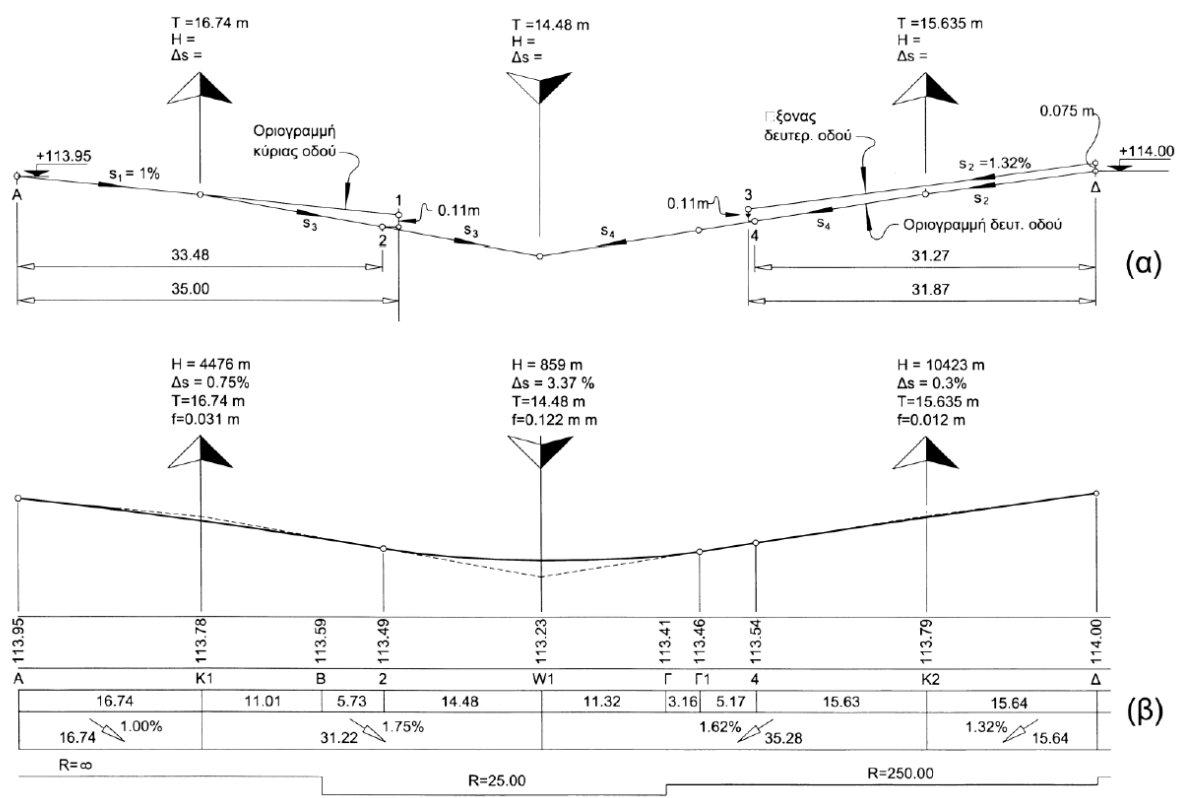
e: επίκλιση οδοστρώματος (%)

1/K: κλίμακα σχεδίασης υψομετρικής οριζοντιογραφίας

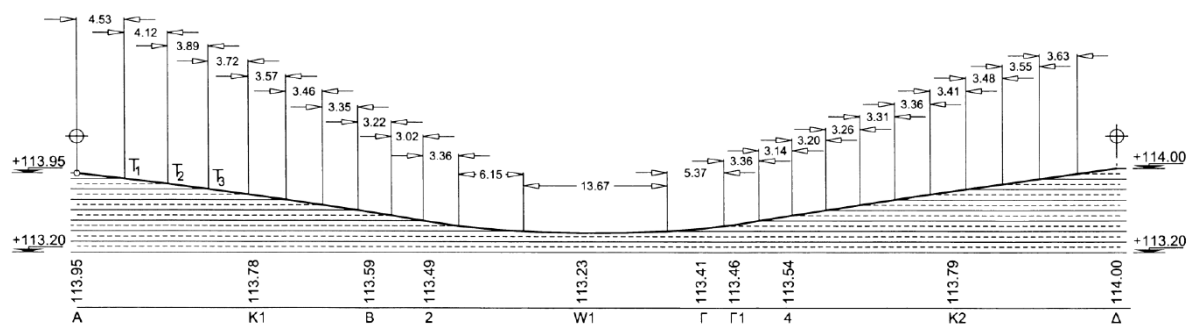
5. Οι ζητούμενες ισοϋψείς είναι οι καμπύλες που συνδέουν τα σημεία που έχουν ίδιο υψόμετρο (Σχήμα 4.29β). Από τις καμπύλες των ισοϋψών χαράζεται μόνο το τμήμα εκείνο που βρίσκεται μέσα στα όρια της λωρίδας εξόδου.
6. Με αντίστοιχη διαδικασία χαράζεται και η υψομετρική οριζοντιογραφία της τελικής επιφάνειας της λωρίδας εισόδου στην κύρια οδό (Σχήμα 4.30α). Στη συνέχεια χαράζονται οι ισοϋψείς της επιφάνειας που βρίσκεται μεταξύ των λωρίδων εξόδου/εισόδου από/στην κύρια οδό (Σχήμα 4.30β). Η υψομετρική οριζοντιογραφία της τελικής επιφάνειας της συμβολής φαίνεται στο Σχήμα 4.31. Στη διαδικασία χάραξης των ισοϋψών της λωρίδας εισόδου στην κύρια οδό αναφέρονται τα Σχήματα 4.32 και 4.33.



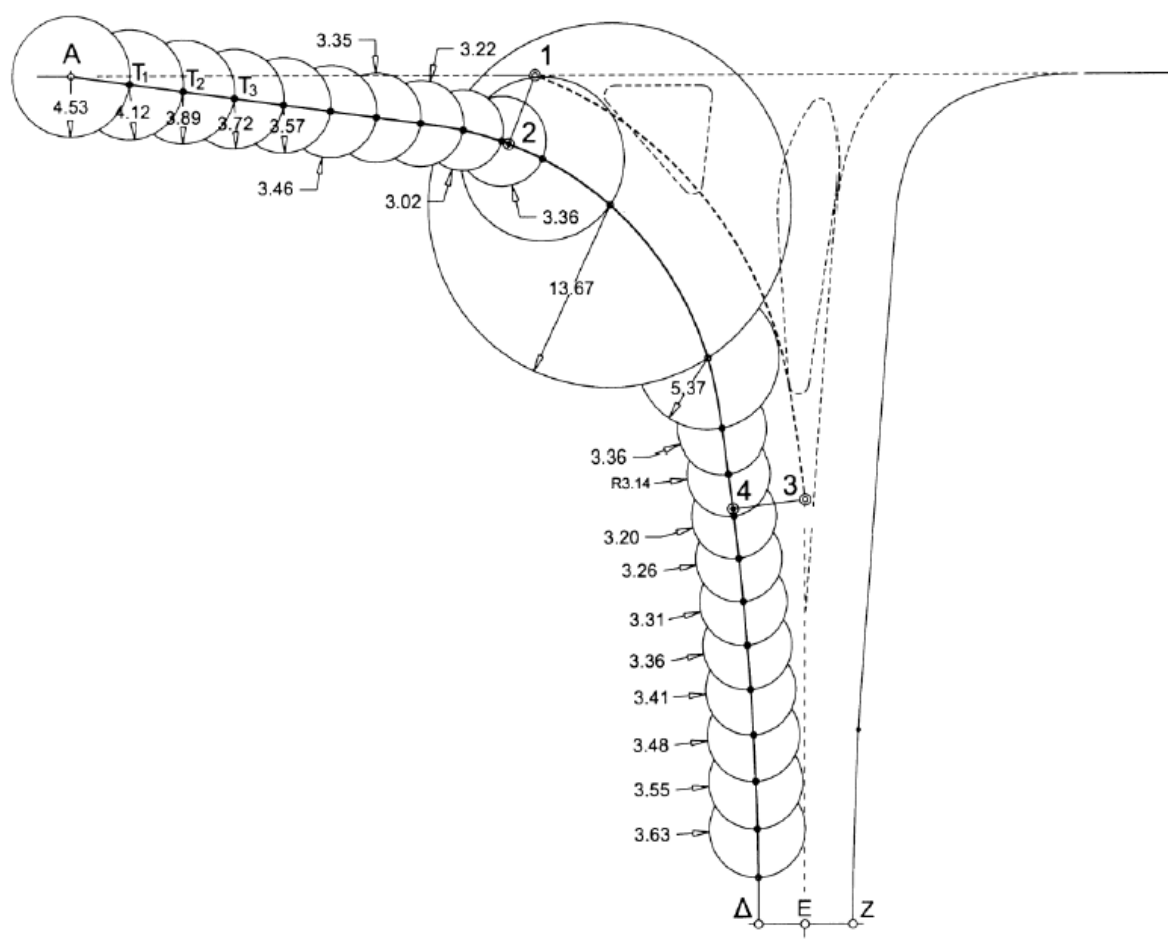
Σχήμα 4.25. Χιλιομέτρηση οριογραμμών εξόδου (ΑΔ) και εισόδου (ΖΛ) στην κύρια οδό τρισκελούς ισόπεδου κόμβου [1].



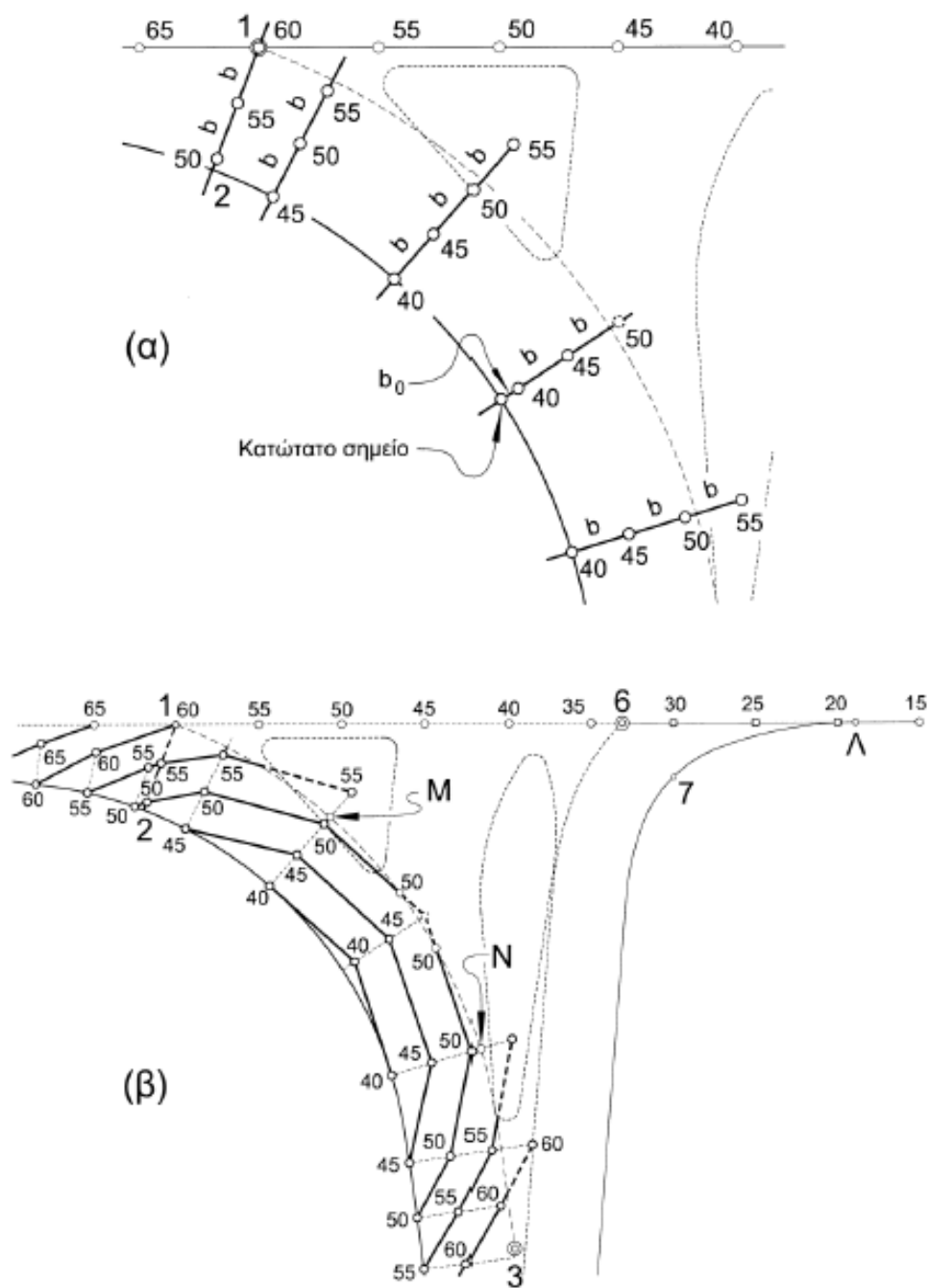
Σχήμα 4.26. Μηκοτομή οριογραμμής ΑΔ [1].



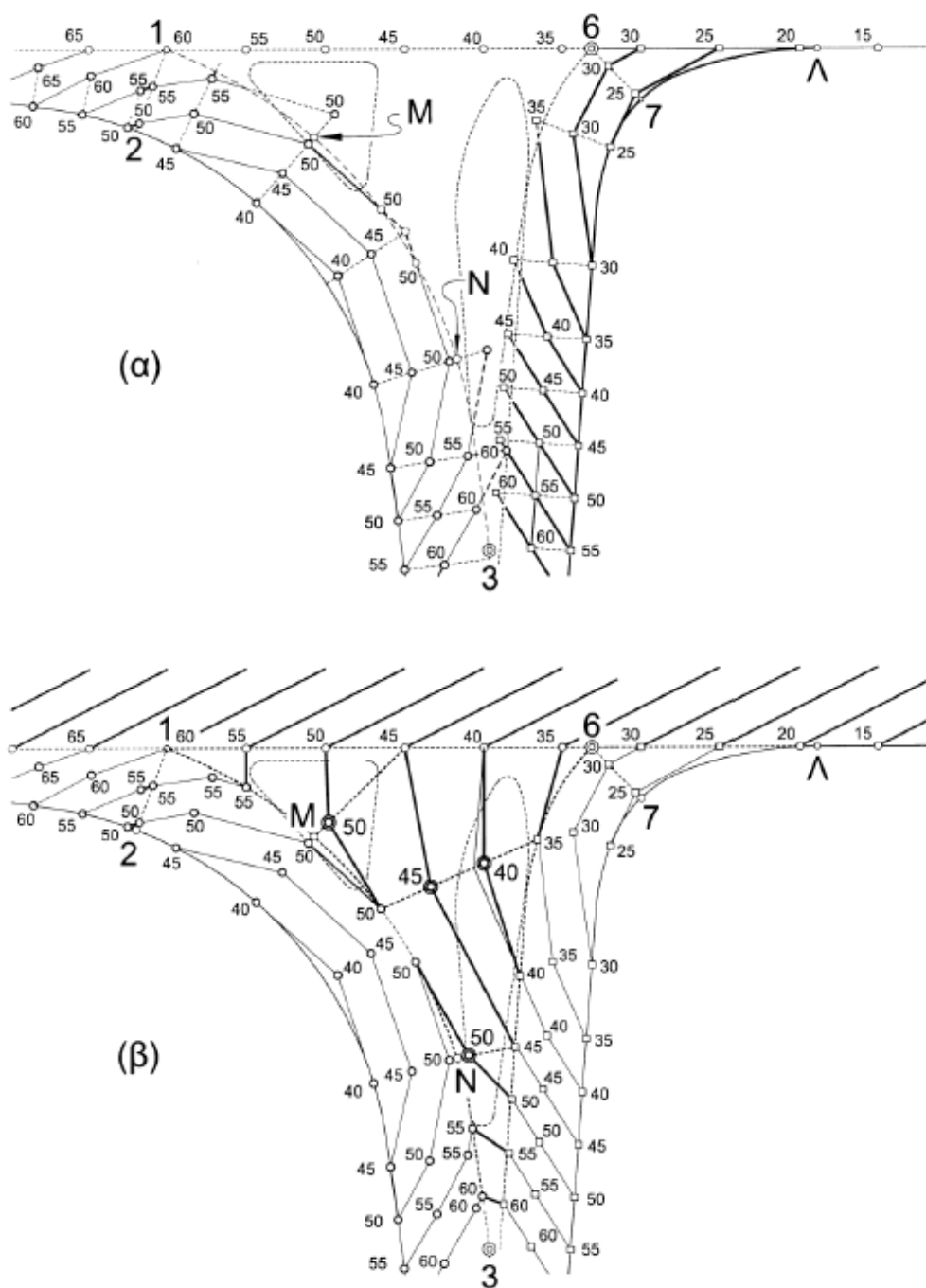
Σχήμα 4.27. Προσδιορισμός σημείων τομής ισοϋψών και οριογραμμής ΑΔ στη μηκοτομή [1].



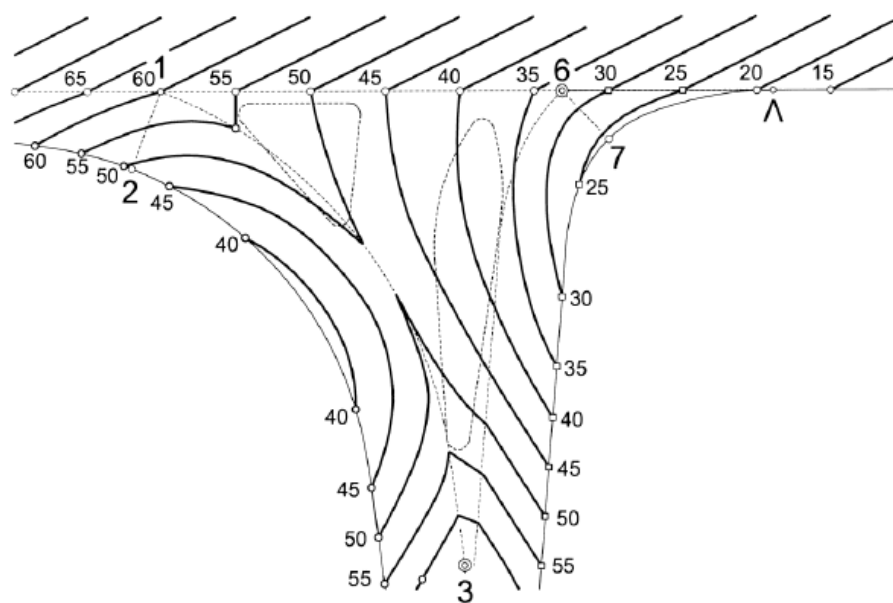
Σχήμα 4.28. Προσδιορισμός σημείων τομής ισοϋψών και οριογραμμής ΑΔ στην οριζοντιογραφία [1].



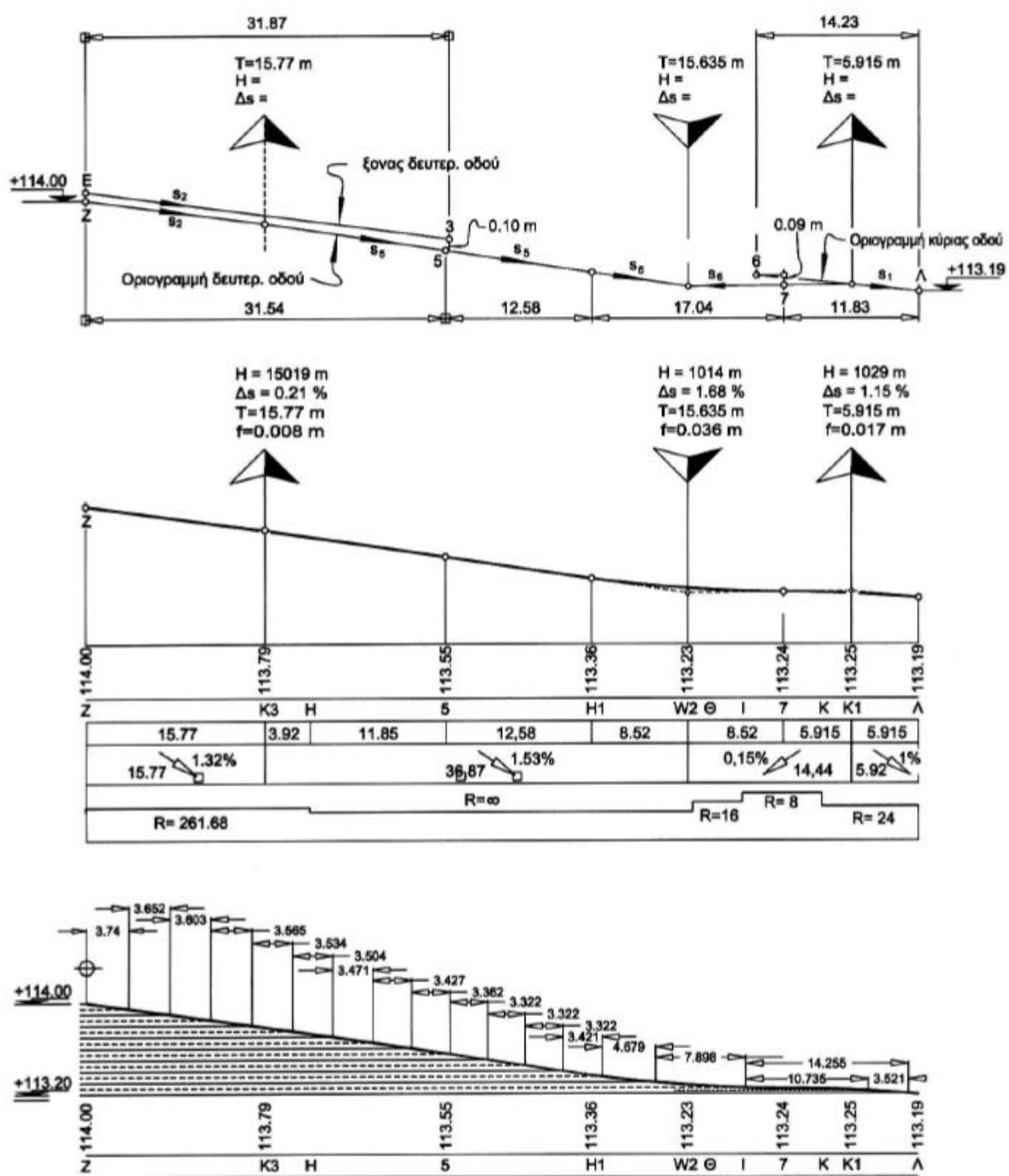
Σχήμα 4.29(α,β). Προσδιορισμός σημείων τομής ισούψών με τις γραμμές διατομών και χάραξη ισούψών στη λωρίδα εξόδου από την κύρια οδό [1].



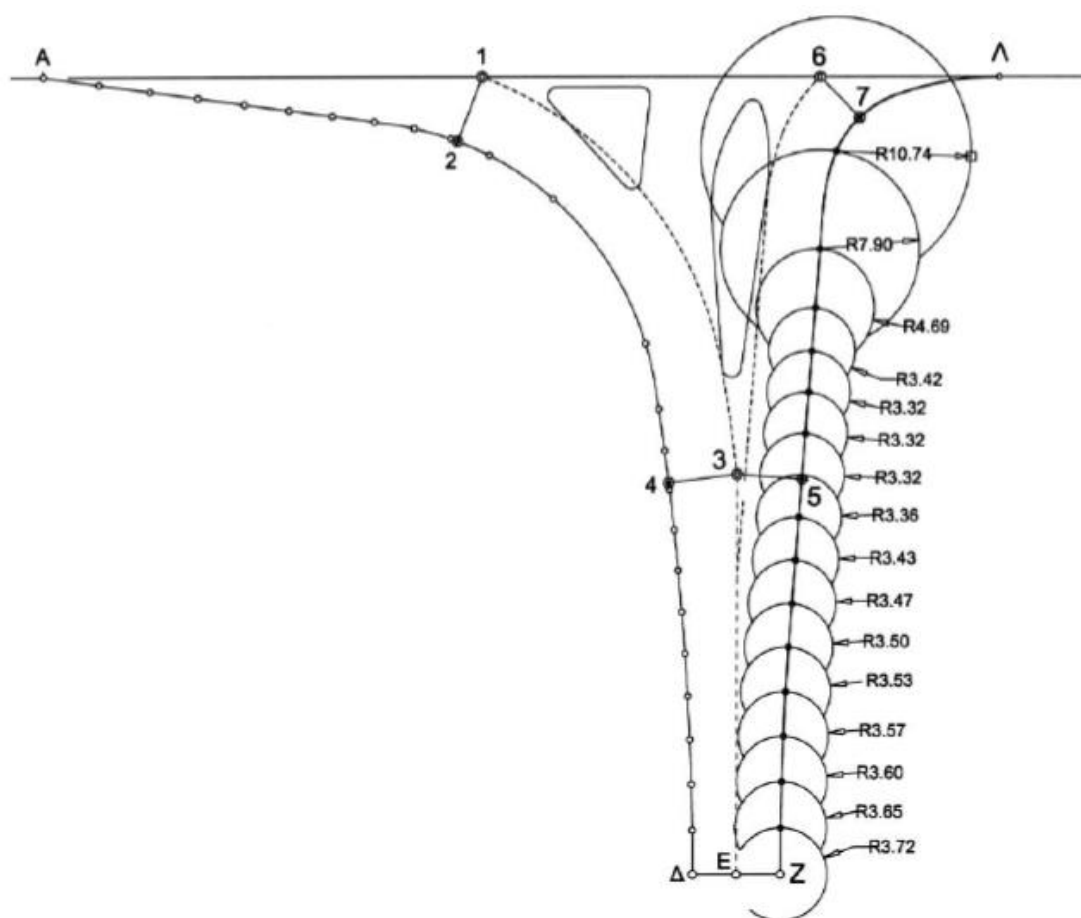
Σχήμα 4.30(α,β). Χάραξη ισοϋψών στη λωρίδα εισόδου στην κύρια οδό και χάραξη ισοϋψών στη μεταξύ των λωρίδων επιφάνεια [1].



Σχήμα 4.31. Υψομετρική οριζοντιογραφία τρισκελούς συμβολής οδών [1].



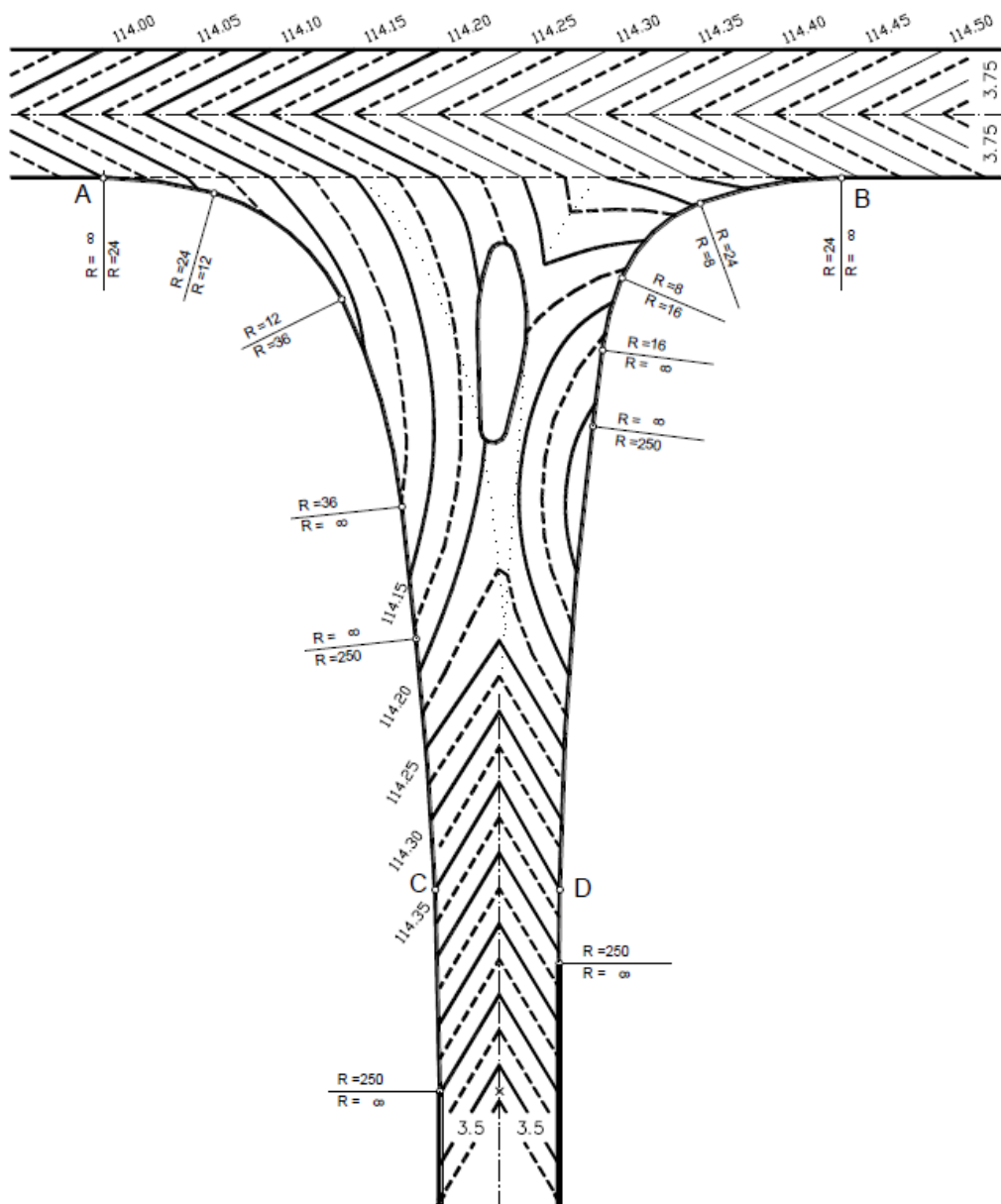
Σχήμα 4.32. Μηκτομή οριζοντιογραφίας ΖΛ [1].



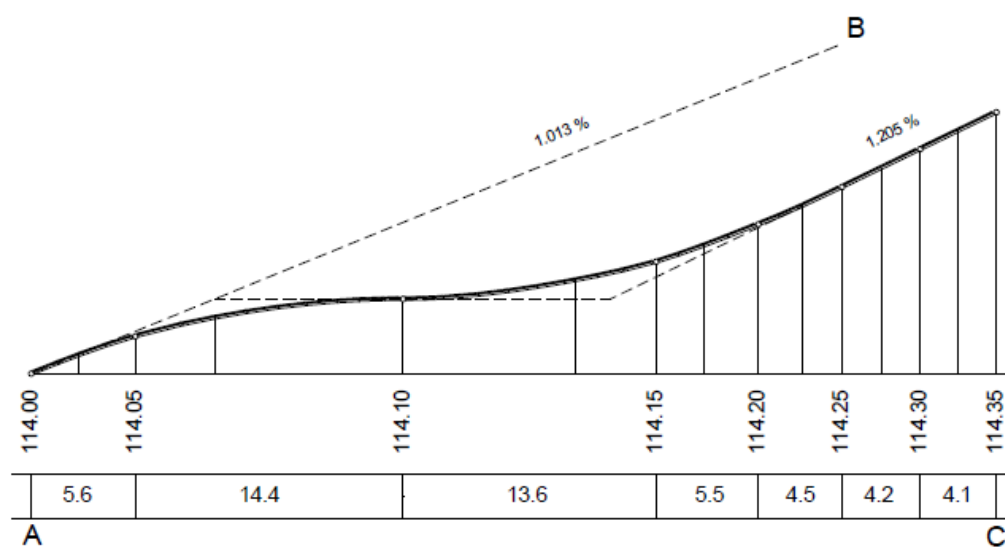
Σχήμα 4.33. Προσδιορισμός σημείων τομής ισοϋψών και οριογραμμής ΑΔ στην οριζοντιογραφία [1].

4.11.4.2 Περίπτωση Τρισκελούς Κόμβου με Μικρή Σταγόνα χωρίς Τριγωνική Νησίδα

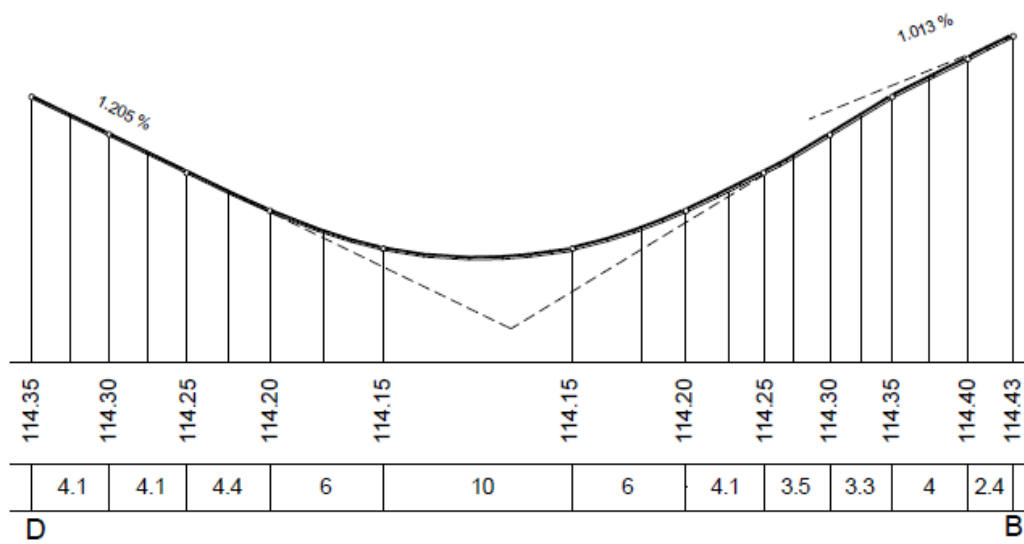
Στο Σχήμα 4.34 και Σχήμα 4.35 παρουσιάζεται η υψομετρική διαμόρφωση απλού τρισκελούς κόμβου με μικρή σταγόνα, χωρίς τριγωνική νησίδα.



Σχήμα 4.34. Υψομετρική διαμόρφωση ισόπεδου τρισκελούς κόμβου με μικρή σταγόνα, χωρίς τριγωνική νησίδα [1].



(α) μηκοτομή οριογραμμής AC



(β) μηκοτομή οριογραμμής DB

Σχήμα 4.35(α,β). Μηκοτομή οριογραμμών AC και DB [1].

4.12 Ορατότητα

4.12.1 Γενικά

Οι κόμβοι και οι συμβολές θα πρέπει να είναι ορατοί από απόσταση η οποία θα επιτρέπει στον οδηγό να σταματήσει πριν από ένα διασταυρούμενο ή στρέφον όχημα. Αντίστοιχα, για τους ποδηλάτες και πεζούς θα πρέπει να εξασφαλίζονται πεδία ορατότητας ελεύθερα από εμπόδια και βλάστηση.

Εντός του πεδίου ορατότητας επιτρέπονται μόνο οι απαραίτητες τεχνικές εγκαταστάσεις (πχ. φωτεινοί σηματοδότες, στύλοι σήμανσης, κλπ.)

Για τον προσδιορισμό του πεδίου ορατότητας που πρέπει να διατηρείται ελεύθερο από εμπόδια θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράμετροι:

- Ύψος ορατότητας για οδηγούς επιβατηγών οχημάτων 1.00m
- Ύψος ορατότητας για οδηγούς βαρέων οχημάτων 2.50m
(λαμβάνεται υπόψη μόνο σε κάτω διαβάσεις και γέφυρες σήμανσης)
- Ύψος ορατότητας εμποδίου στην κύρια οδό 1.00m

Το εύρος του πεδίου ορατότητας που πρέπει να διατηρείται ελεύθερο από εμπόδια ορίζεται βάση της κλάσης σχεδιασμού της οδού ή της μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας.

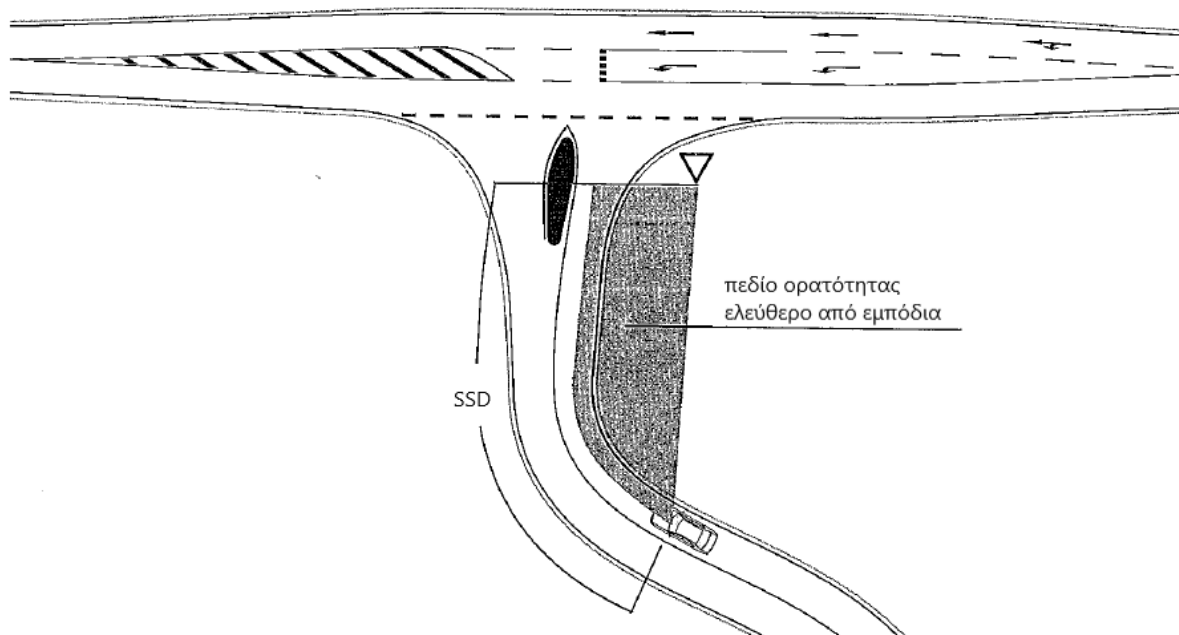
Με βάση τις οδηγίες RAL, 2012 διακρίνονται τα εξής πεδία ορατότητας:

- Στάση
- Εκκίνησης
- Προσέγγισης

Σε κόμβους που δεν παρέχεται κάποιο από τα παραπάνω πεδία ορατότητας, θα πρέπει να εξετάζεται μείωση της αντίστοιχης επιτρεπόμενης ταχύτητας.

4.12.2 Πεδίο Ορατότητας για Στάση

Αποτελεί το πεδίο που πρέπει να είναι ελεύθερο από εμπόδια, προκειμένου να είναι ορατός ο κόμβος αλλά και η ρυθμιστική σήμανση που καθορίζει τις προτεραιότητες. Προσδιορίζεται με βάση το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (Σχήμα 4.36).



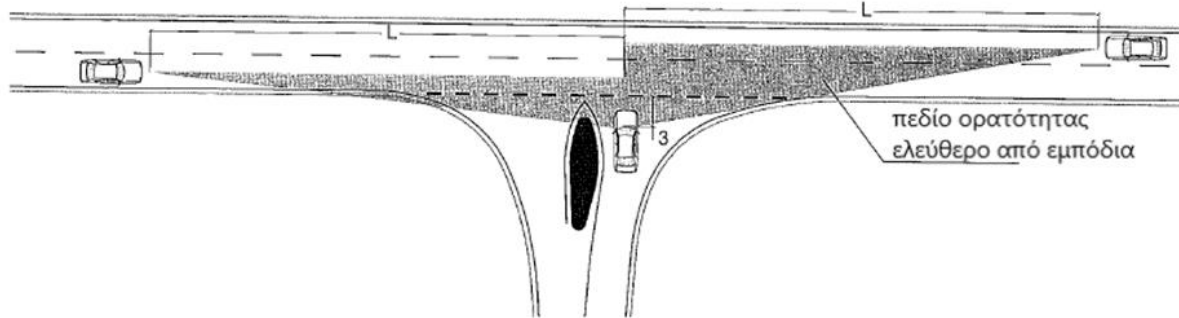
Σημείωση. SSD: Μήκος ορατότητας για στάση.
Σχήμα 4.36. Πεδίο ορατότητας για στάση [5].

4.12.3 Πεδίο Ορατότητας για Εκκίνηση

Ως πεδίο ορατότητας για εκκίνηση ορίζεται το πεδίο που πρέπει να παραμένει ελεύθερο εμποδίων από τη θέση υποχρεωτικής διακοπής πορείας του οχήματος (stop). Θα πρέπει να έχει επαρκές εύρος, ώστε το όχημα επί της δευτερεύουσας οδού να δύναται να εισέλθει στην κύρια οδό ακόμα και αν εμφανιστεί όχημα στην κύρια οδό μετά την εκκίνηση του.

Το πεδίο ορατότητας για εκκίνηση απέχει 3m από την πλησιέστερη οριογραμμή της κύριας οδού (Σχήμα 4.37).

Το εύρος ορατότητας L θεωρώντας επιτρεπόμενη ταχύτητα 70km/h στην κύρια οδό έχει τιμή 110m. Σε κόμβους όπου η επιτρεπόμενη ταχύτητα υπερβαίνει τα 70km/h στην κύρια οδό το εύρος ορατότητας L έχει τιμή 200m.



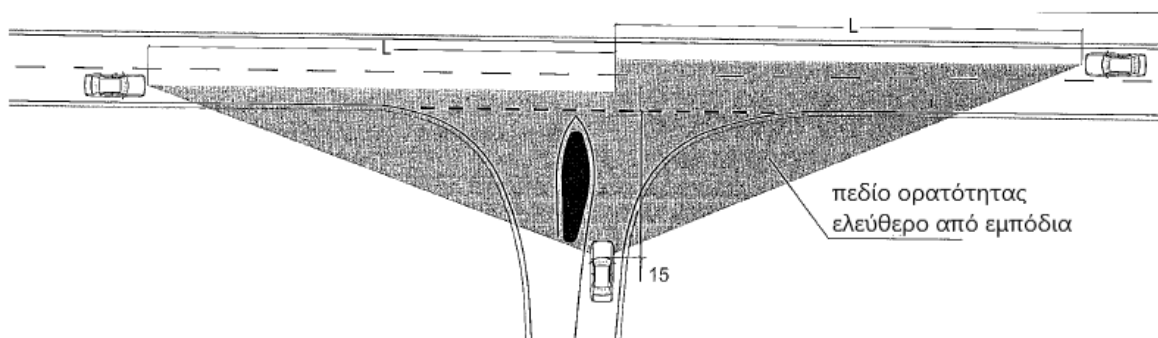
Σχήμα 4.37. Πεδίο ορατότητας για εκκίνηση [5].

4.12.4 Πεδίο Ορατότητας για Προσέγγιση

Πεδίο ορατότητας για προσέγγιση είναι το πεδίο που πρέπει να είναι ελεύθερο εμποδίων ώστε ο οδηγός που κινείται σε δευτερεύουσα οδό, με σήμανση υποχρεωτικής παραχώρησης προτεραιότητας, να κρίνει αν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες ώστε να εισέλθει στην κύρια οδό χωρίς να σταματήσει.

Το πεδίο ορατότητας για προσέγγιση απέχει 15m (20m στις περιπτώσεις αυξημένου φόρτου στρεφόντων οχημάτων) από την πλησιέστερη οριογραμμή της κύριας οδού (Σχήμα 4.38).

Για λόγους οδικής ασφάλειας, η διερεύνηση επάρκειας του πεδίου ορατότητας για προσέγγιση πρέπει να αξιολογείται μόνο όταν η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα επί της κύριας οδού δεν υπερβαίνει τα 70km/h, όπου στην περίπτωση αυτή το μήκος L είναι 110m.



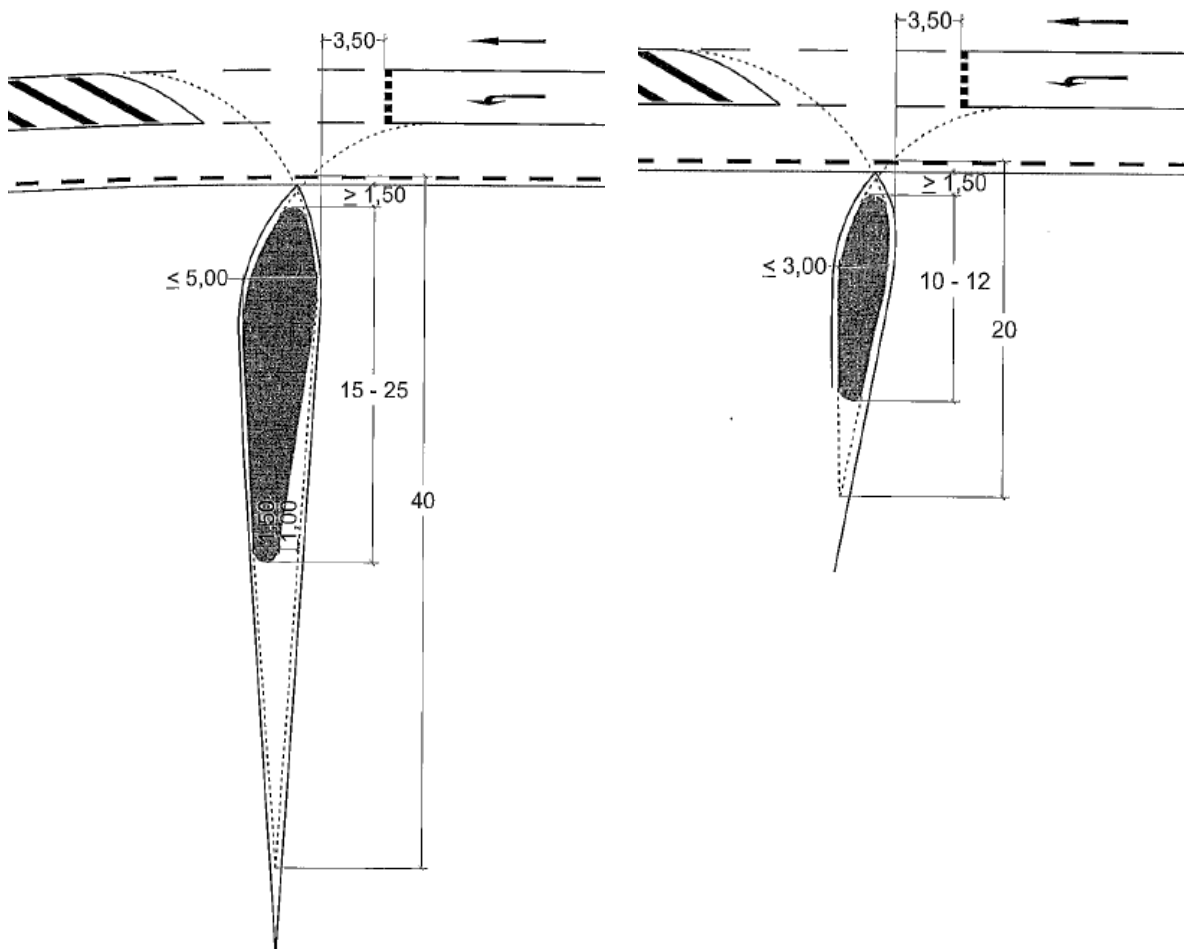
Σχήμα 4.38. Πεδίο ορατότητας για προσέγγιση [5].

4.13 Σχεδιασμός Σταγόνων

Οι σταγόνες διακρίνονται ως προς το μέγεθός τους σε μεγάλη και μικρή. Μεγάλη σταγόνα εφαρμόζεται στους τύπους δεξιάς εξόδου RA 1 και RA 3, ενώ μικρή σταγόνα στους υπόλοιπους (RA 2, RA 4, RA 5 και RA 6).

Στο Σχήμα 4.39(α,β) φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά της μεγάλης και μικρής σταγόνας αντίστοιχα.

Στα εδάφια που ακολουθούν, επεξηγούνται πιο αναλυτικά τα βήματα σχεδιασμού τους ως προς τη γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού, αλλά και με βάση τη δυνατότητα κυκλοφορίας πεζών και ποδηλάτων.



(α) μεγάλη σταγόνα

(β) μικρή σταγόνα

Σχήμα 4.39(α,β). Βασικά χαρακτηριστικά μεγάλης και μικρής σταγόνας αντίστοιχα [5]

4.13.1 Μικρή Σταγόνα

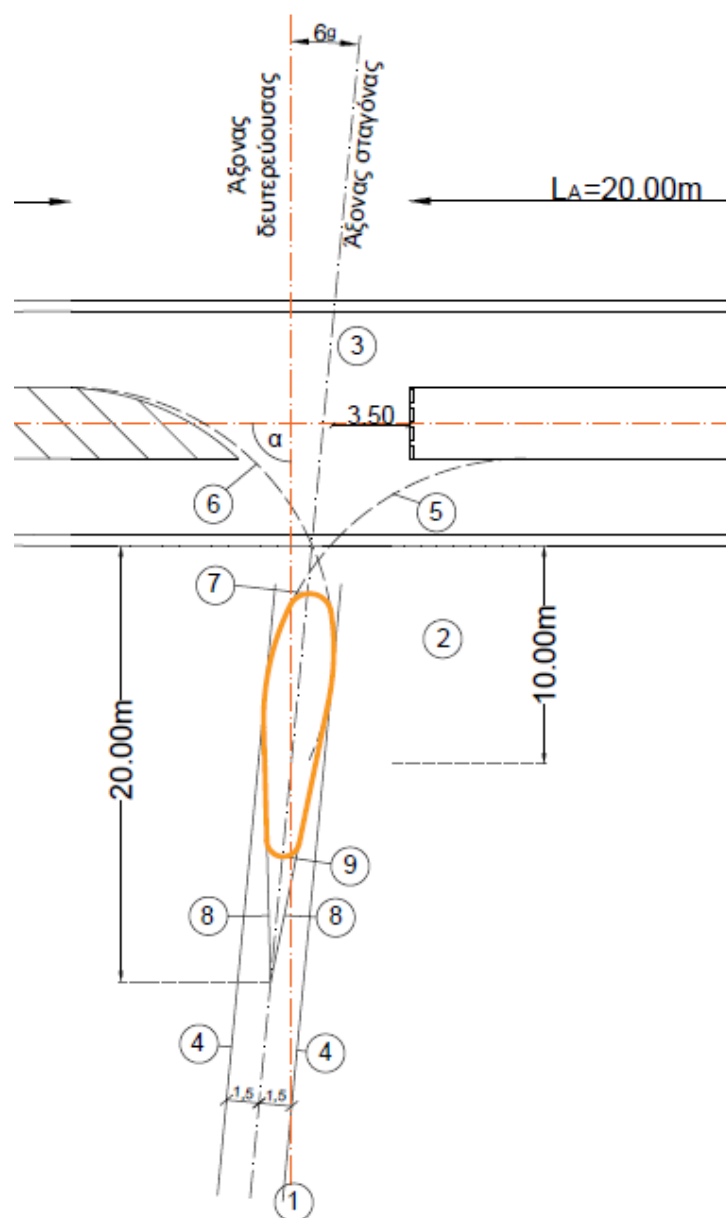
4.13.1.1 Γωνία Συμβολής $80g \leq \alpha \leq 120g$

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό μικρής σταγόνας με γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού $80g \leq \alpha \leq 120g$ (Σχήμα 4.40) έχουν ως εξής:

- (1) Καθορίζεται ο άξονας της δευτερεύουσας οδού που εισέρχεται στον κόμβο.
- (2) Επισημαίνεται σημείο στον άξονα της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο σε απόσταση 10m από την οριογραμμή της κύριας οδού.
- (3) Από το σημείο αυτό [βήμα (2)], σχεδιάζεται ευθεία η οποία αποκλίνει από τον άξονα της οδού κατά $6g$ δεξιόστροφα. Η ευθεία αυτή αποτελεί τον άξονα της σταγόνας.
- (4) Σχεδιάζονται δυο βοηθητικές παράλληλες ευθείες σε απόσταση 1.5m εκατέρωθεν του άξονα της σταγόνας.
- (5) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου με $R=12m$. Το κυκλικό αυτό τόξο από αριστερά εφάπτεται με την αριστερή παράλληλη από το Βήμα (4) και από δεξιά:
 - i. στους τύπους αριστερής στροφής LA 1, LA 2 και LA 3 με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας αριστερής στροφής εξόδου
 - ii. στον τύπο αριστερής στροφής LA 4 με τον άξονα της κύριας οδού

Σε τετρασκελείς κόμβους με τύπο εισόδου KE 1 ενδεχομένως να απαιτηθεί $R=15m$ ώστε να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εξόδου.
- (6) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου με $R=12m$. Το κυκλικό αυτό τόξο από δεξιά εφάπτεται με την δεξιά παράλληλη από το Βήμα (4) και από αριστερά:
 - i. στους τύπους αριστερής στροφής LA 1, LA 2 και LA 3 με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού
 - ii. στον τύπο αριστερής στροφής LA 4 με τον άξονα της κύριας οδού, όπου ενδεχομένως η ακτίνα μπορεί να είναι $R=10m$

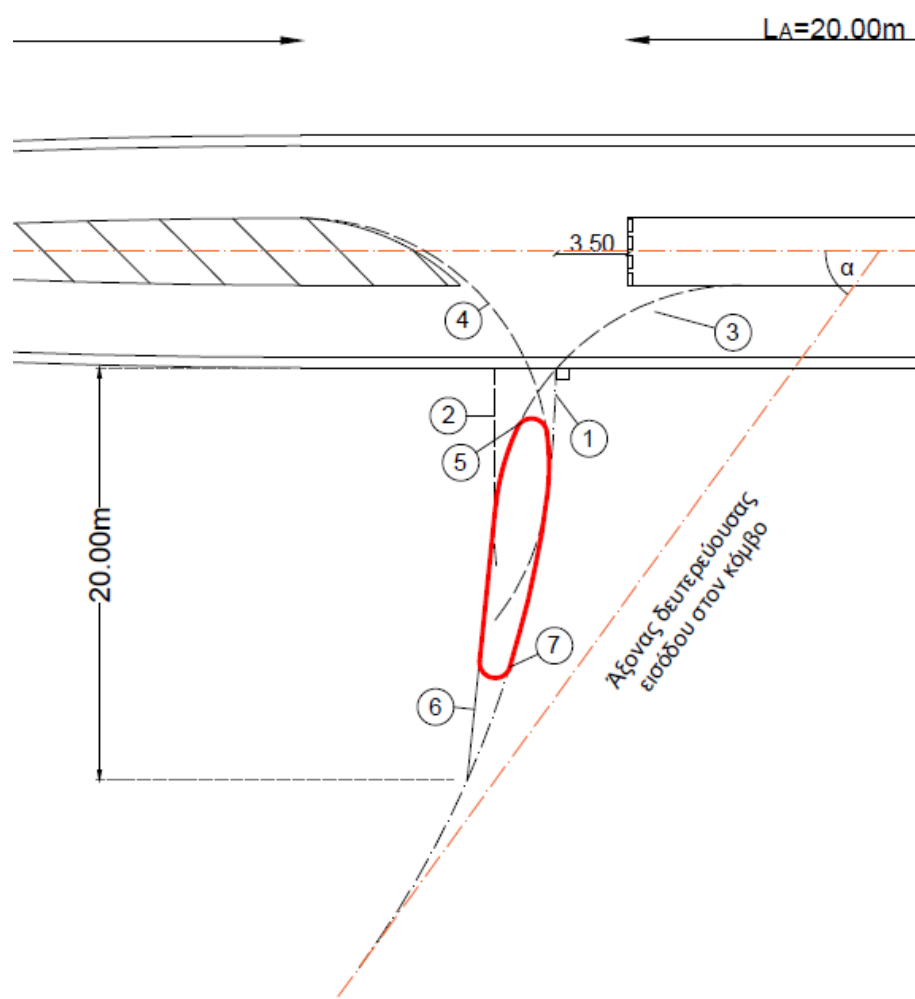
Στις περιπτώσεις που η γωνία συμβολής $\alpha < 100g$, θα πρέπει να χρησιμοποιείται $R=8m$ προκειμένου η σταγόνα να έχει ικανοποιητική μορφή.
- (7) Στρογγυλεύονται τα δύο κυκλικά τόξα [Βήμα (5) και Βήμα (6)], σχηματίζοντας την κεφαλή της σταγόνας με $R=0.75m$.
- (8) Σε απόσταση 20m από την οριογραμμή της κύριας οδού, στον άξονα της σταγόνας, καθορίζεται σημείο από το οποίο σχεδιάζονται εφαιπτόμενες στα κυκλικά τόξα από το Βήμα (5) και Βήμα (6) αντίστοιχα.
- (9) Στις δύο ευθείες από το Βήμα (8) εφαρμόζεται στρογγύλευση με $R=0.75$, η οποία αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.

Σχήμα 4.40. Μικρή σταγόνια ($80g \leq \alpha \leq 120g$).

4.13.1.2 Γωνία Συμβολής $\alpha < 80^\circ$

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό μικρής σταγόνας με γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού $\alpha < 80^\circ$ (Σχήμα 4.41) έχουν ως εξής:

- (1) Τροποποιείται ο άξονας της δευτερεύουσας οδού στην περιοχή συμβολής με την κύρια εφαρμόζοντας $R \geq 50\text{m}$, ώστε η γωνία συμβολής με την οριογραμμή της κύριας οδού να είναι 100° . Σε τετρασκελείς κόμβους θα πρέπει οι άξονες στις δευτερεύουσες οδούς να απέχουν μεταξύ τους 3m προκειμένου οι σταγόνες να δύνανται να σχεδιαστούν απέναντι η μία της άλλης.
- (2) Σχεδιάζεται κάθετη ευθεία 3m από την οριογραμμή της κύριας οδού και προς τα αριστερά του νέου άξονα της δευτερεύουσας.
- (3) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου με $R=12\text{m}$. Το κυκλικό αυτό τόξο από αριστερά εφάπτεται με την ευθεία από το Βήμα (2) και από δεξιά:
 - a. στους τύπους αριστερής στροφής LA 1, LA 2 και LA 3 με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας αριστερής στροφής εξόδου
 - b. στον τύπο αριστερής στροφής LA 4 με τον άξονα της κύριας οδούΣε τετρασκελείς κόμβους με τύπο εισόδου KE 1 ενδεχομένως να απαιτηθεί $R=15\text{m}$ ώστε να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εξόδου.
- (4) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου με $R=12\text{m}$. Το κυκλικό αυτό τόξο από δεξιά εφάπτεται με τον νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού και από αριστερά:
 - a. στους τύπους αριστερής στροφής LA 1, LA 2 και LA 3 με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού
 - b. στον τύπο αριστερής στροφής LA 4 με τον άξονα της κύριας οδού, όπου ενδεχομένως η ακτίνα μπορεί να είναι $R=10\text{m}$
- (5) Στρογγυλεύονται τα δύο κυκλικά τόξα [Βήμα (3) και Βήμα (4)], σχηματίζοντας την κεφαλή της σταγόνας με $R=0.75\text{m}$.
- (6) Σε απόσταση 20m από την οριογραμμή της κύριας οδού, στον άξονα της σταγόνας καθορίζεται σημείο από το οποίο σχεδιάζεται εφαπτόμενη στο κυκλικό τόξο από το Βήμα (3).
- (7) Στο νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού και την εφαπτόμενη από το Βήμα (6) εφαρμόζεται στρογγύλευση με $R=0.75$, η οποία αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.



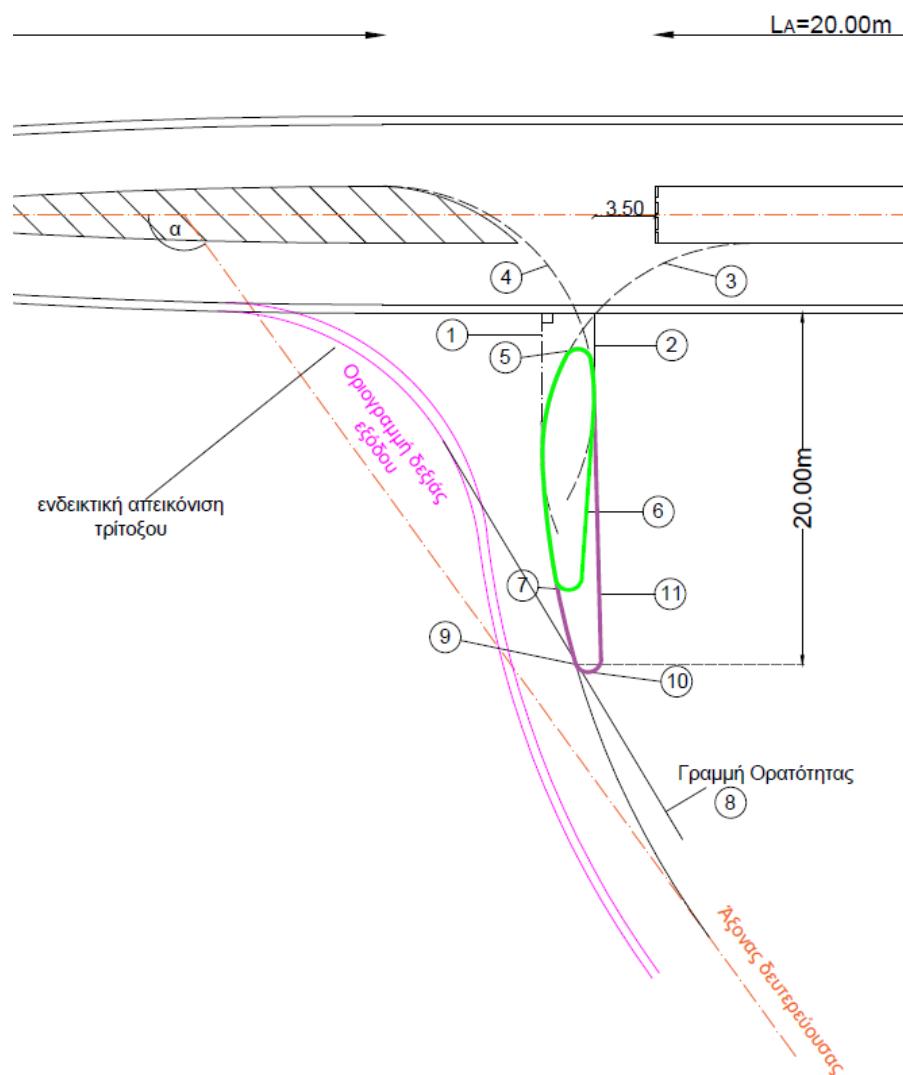
Σχήμα 4.41. Μικρή σταγόνα ($\alpha < 80g$).

4.13.1.3 Γωνία Συμβολής $\alpha > 120^\circ$

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό μικρής σταγόνας με γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού $\alpha > 120^\circ$ (Σχήμα 4.42) έχουν ως εξής:

- (1) Τροποποιείται ο άξονας της δευτερεύουσας οδού στην περιοχή συμβολής με την κύρια εφαρμόζοντας $R \geq 50\text{m}$, ώστε η γωνία συμβολής με την οριογραμμή της κύριας οδού να είναι 100° . Σε τετρασκελείς κόμβους θα πρέπει οι άξονες στις δευτερεύουσες οδούς να απέχουν μεταξύ τους όσο και το πλάτος των σταγόνων προκειμένου αυτές να δύνανται να σχεδιαστούν απέναντι η μία της άλλης.
- (2) Σχεδιάζεται κάθετη ευθεία 3m από την οριογραμμή της κύριας οδού και προς τα δεξιά του νέου άξονα της δευτερεύουσας.
- (3) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου με $R=12\text{m}$. Το κυκλικό αυτό τόξο από αριστερά εφάπτεται με τον νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού Βήμα (1) και από δεξιά:
 - i. στους τύπους αριστερής στροφής LA 1, LA 2 και LA 3 με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας αριστερής στροφής εξόδου
 - ii. στον τύπο αριστερής στροφής LA 4 με τον άξονα της κύριας οδού

Σε τετρασκελείς κόμβους με τύπο εισόδου KE 1 ενδεχομένως να απαιτηθεί $R=15\text{m}$ ώστε να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εξόδου.
- (4) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου με $R=12\text{m}$. Το κυκλικό αυτό τόξο από δεξιά εφάπτεται με την ευθεία από το Βήμα (2) και από αριστερά:
 - i. στους τύπους αριστερής στροφής LA 1, LA 2 και LA 3 με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού
 - ii. στον τύπο αριστερής στροφής LA 4 με τον άξονα της κύριας οδού, όπου ενδεχομένως η ακτίνα μπορεί να είναι $R=10\text{m}$
- (5) Στρογγυλεύονται τα δύο κυκλικά τόξα [Βήμα (3) και Βήμα (4)], σχηματίζοντας την κεφαλή της σταγόνας με $R=0.75\text{m}$.
- (6) Σε απόσταση 20m από την οριογραμμή της κύριας οδού, στον άξονα της σταγόνας καθορίζεται σημείο από το οποίο σχεδιάζεται εφαπτόμενη στο κυκλικό τόξο από το Βήμα (4).
- (7) Στο νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού και την εφαπτόμενη από το Βήμα (6) εφαρμόζεται στρογγύλευση με $R=0.75$, η οποία αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.
- (8) Η οπτική ακτίνα του οδηγού που εισέρχεται στην κύρια οδό, στην περιοχή αρχής του νέου άξονα, θα πρέπει να τέμνει τη σταγόνα προκειμένου να αποφευχθεί είσοδός του στην αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας.
 Η υπόψη οπτική ακτίνα εφαρμόζεται στην περιοχή αρχής του νέου άξονα της δευτερεύουσας οδού προς την περιοχή της συναρμογής εξόδου από την κύρια οδό.
 Ορίζεται ως η εφαπτομενική απόσταση από το μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας στην κατεύθυνση εισόδου, προς τη δεξιά οριογραμμή εξόδου, η οποία σχεδιάζεται με τρίτοξο ($R_H=15\text{m}$) ή ενδεικτικά με ακτίνα $R=15\text{m}$ από την εξωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού. Το δεξιόστροφο αυτό κυκλικό τόξο (τρίτοξο) εξόδου, ακολουθεί παράλληλη μετατόπιση του νέου άξονα σε απόσταση ίση με το ημιπλάτος της δευτερεύουσας οδού.
 Αν η οπτική ακτίνα δεν τέμνει τη σταγόνα, τότε απαιτείται επιμήκυνση της σταγόνας η οποία σχεδιάζεται ως εξής:
- (9) Η σταγόνα επιμηκύνεται τουλάχιστον έως το σημείο όπου η οπτική ακτίνα τέμνει τον νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού.
- (10) Στο σημείο αυτό σχεδιάζεται κυκλικό τόξο με $R=0.75\text{m}$ το οποίο εφάπτεται προς τα δεξιά του νέου άξονα της δευτερεύουσας οδού και αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.
- (11) Σχεδιάζεται κοινή εφαπτόμενη μεταξύ των κυκλικών τόξων που σχεδιάστηκαν στο Βήμα (4) και το Βήμα (10) αντίστοιχα.



Σχήμα 4.42. Μικρή σταγόνα ($\alpha > 120g$).

4.13.2 Μεγάλη Σταγόνα

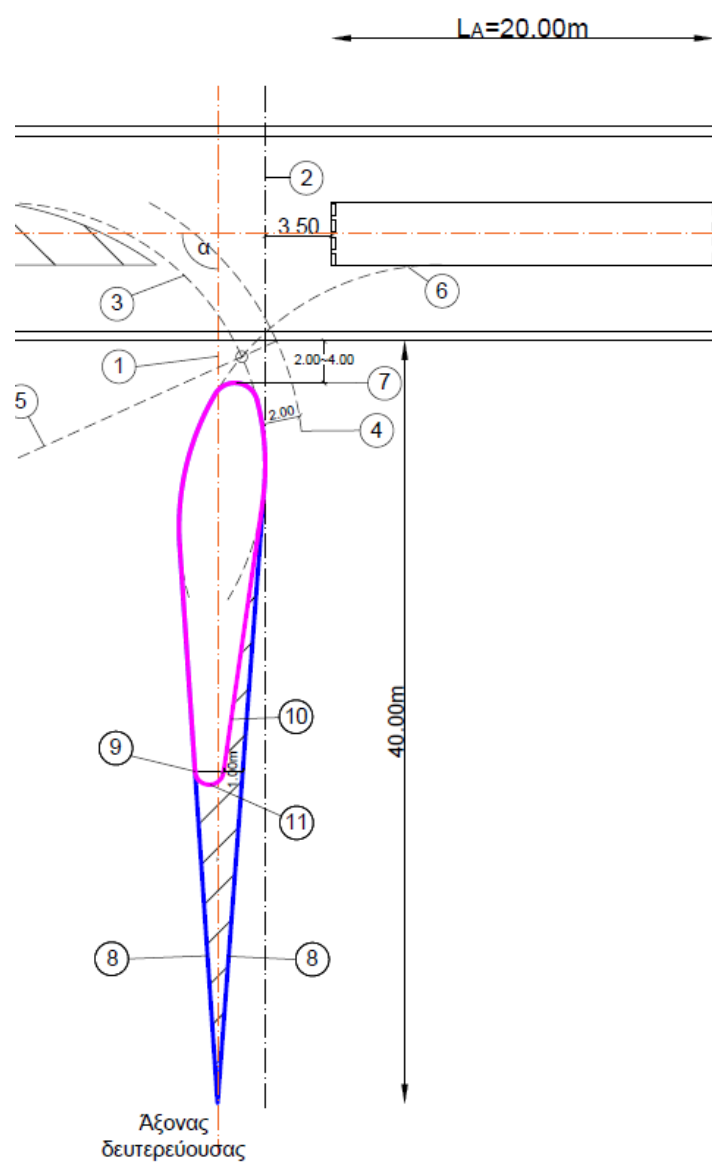
4.13.2.1 Γωνία Συμβολής $80^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό μεγάλης σταγόνας με γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού $80^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ (Σχήμα 4.43) έχουν ως εξής:

- (1) Καθορίζεται ο άξονας της δευτερεύουσας οδού εισόδου που εισέρχεται στον κόμβο. Σε τετρασκελείς κόμβους με τύπο εισόδου ΚΕ 1 θα πρέπει οι δύο άξονες από τις δευτερεύουσες οδούς να μετατοπιστούν παράλληλα προς τα δεξιά, σύμφωνα με τις αποστάσεις του Πίνακα 4.4.
- (2) Σχεδιάζεται παράλληλη ευθεία δεξιά στον άξονα της δευτερεύουσας οδού με βάση τη γωνία συμβολής σε απόσταση d η οποία μεταβάλλεται ως εξής: Αν $\alpha=100^\circ$ τότε $d=2.5\text{m}$, όπου το d μειώνεται κατά 0.05m για κάθε 1° μεταβολής της γωνίας. Σε τετρασκελείς κόμβους με τύπο εισόδου ΚΕ 1, προκειμένου να εξασφαλίζονται ταυτόχρονα οι αριστερές στροφές εισόδου, ενδεχομένως να απαιτηθεί εφαρμογή $d=2.0\text{m}$ για γωνία $\alpha=100^\circ$.
- (3) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου. Το κυκλικό αυτό τόξο από δεξιά εφάπτεται με την δεξιά παράλληλη από το Βήμα (2) και από αριστερά με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού που εισέρχεται το όχημα. Ως προς την ακτίνα του τόξου:
 - i. σε τρισκελείς κόμβους είναι $R = B_{FB} + 2.5\text{m}$
[όπου: B_{FB} πλάτος οδοστρώματος κύριας οδού (m)]
 - ii. σε τετρασκελείς κόμβους καθορίζεται με βάση τον Πίνακα 4.4 προκειμένου να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εισόδου
- (4) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο με ακτίνα μεγαλύτερη κατά 2.0m με το ίδιο κέντρο του Βήματος (3).
- (5) Συνδέεται μέσω ευθείας το κέντρο του κύκλου με το σημείο όπου το κυκλικό τόξο του Βήματος (4) τέμνει την οριογραμμή της κύριας οδού και προσδιορίζεται σημείο όπου η ευθεία αυτή τέμνει το κυκλικό τόξο του Βήματος (3).
- (6) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου, το οποίο διέρχεται από το σημείο του Βήματος (5) και εφάπτεται με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας αριστερής στροφής εξόδου. Ως προς την ακτίνα του τόξου:
 - i. σε τρισκελείς κόμβους είναι κατά κανόνα ίση με την αντίστοιχη ακτίνα εισόδου, αλλά σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να προκύπτει πλάτος σταγόνας μεταξύ 3m και 5m
 - ii. σε τετρασκελείς κόμβους καθορίζεται με βάση τον Πίνακα 4.4 προκειμένου να εξασφαλίζονται ταυτόχρονα οι αριστερές στροφές εξόδου. Αν οι επιφάνειες κατάληψης των αριστερά εξερχόμενων κινήσεων τέμνονται, θα πρέπει να εξεταστεί η αύξηση του παράλληλου κυκλικού τόξου στο Βήμα (4) από 2.0m σε $3.0\text{m} - 4.0\text{m}$
- (7) Στρογγυλεύονται τα δύο κυκλικά τόξα [Βήμα (3) και Βήμα (6)], σχηματίζοντας την κεφαλή της σταγόνας με $R \geq 0.75\text{m}$, ώστε το νέο αυτό κυκλικό τόξο να απέχει $2.0\text{m} - 4.0\text{m}$ από την οριογραμμή της κύριας οδού.
- (8) Σε απόσταση 40m από την οριογραμμή της κύριας οδού, μετρούμενη επί του άξονα της δευτερεύουσας οδού, καθορίζεται σημείο από το οποίο σχεδιάζονται εφαπτόμενες στα κυκλικά τόξα από το Βήμα (3) και Βήμα (6) αντίστοιχα.
- (9) Προσαρμόζεται απόσταση 2.5m κάθετα στον άξονα της δευτερεύουσας εισόδου στον κόμβο μεταξύ των δύο ευθειών από το Βήμα (8).
- (10) Σε απόσταση 1.0m επί της ευθείας των 2.5m από αριστερά σχεδιάζεται νέα ευθεία εφαπτόμενη στο κυκλικό τόξο από το Βήμα (3).
- (11) Στις δύο ευθείες από το Βήμα (8) και Βήμα (10) αντίστοιχα εφαρμόζεται στρογγύλευση με $R=0.75$, η οποία αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.

Γωνία Συμβολής (g)	Ακτίνα Εισόδου (m)	Ακτίνα Εξόδου (m)	Μετατόπιση Άξονα Δευτερεύουσας (m)
80	10	18	1.00
100	15	15	3.00
120	20	11	3.00

Πίνακας 4.4. Γεωμετρικά στοιχεία μεγάλης σταγόνας ως προς τη γωνία συμβολής [5].

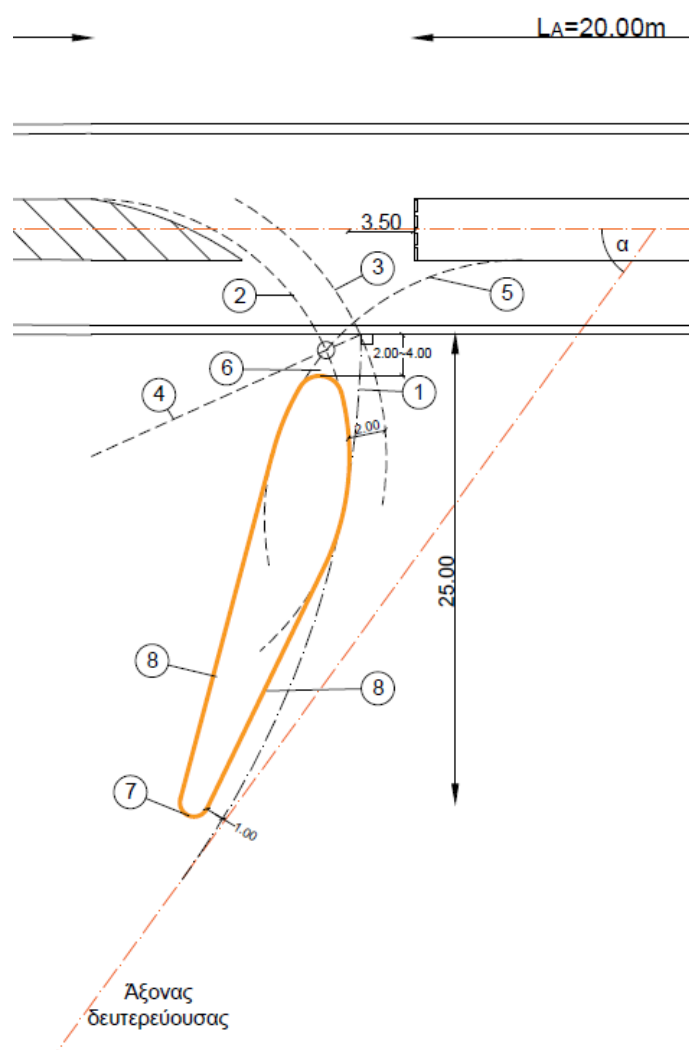


Σχήμα 4.43. Μεγάλη σταγόνα ($80g \leq \alpha \leq 120g$).

4.13.2.2 Γωνία Συμβολής $\alpha < 80^\circ$

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό μεγάλης σταγόνας με γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού $\alpha < 80^\circ$ (Σχήμα 4.44) έχουν ως εξής:

- (1) Τροποποιείται ο άξονας της δευτερεύουσας οδού στην περιοχή συμβολής με την κύρια εφαρμόζοντας $R \geq 50\text{m}$, ώστε η γωνία συμβολής με την οριογραμμή της κύριας οδού να είναι 100° . Σε τετρασκελείς κόμβους θα πρέπει οι άξονες στις δευτερεύουσες οδούς να απέχουν μεταξύ τους όσο το πλάτος των σταγόνων προκειμένου αυτές να δύνανται να σχεδιαστούν απέναντι η μία της άλλης.
- (2) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου. Το κυκλικό αυτό τόξο από δεξιά εφάπτεται με τον νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού και από αριστερά με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού που εισέρχεται το όχημα. Ως προς την ακτίνα του τόξου:
 - i. σε τρισκελείς κόμβους είναι $R = B_{FB} + 2.5\text{m}$
[όπου: B_{FB} πλάτος οδοστρώματος κύριας οδού (m)]
 - ii. σε τετρασκελείς κόμβους καθορίζεται με βάση τον Πίνακα 4.4 προκειμένου να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εισόδου
- (3) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο με ακτίνα μεγαλύτερη κατά 2.0m με το ίδιο κέντρο του Βήματος (2).
- (4) Συνδέεται μέσω ευθείας το κέντρο του κύκλου με το σημείο όπου το κυκλικό τόξο του Βήματος (3) τέμνει την οριογραμμή της κύριας οδού και προσδιορίζεται σημείο όπου η ευθεία τέμνει το κυκλικό τόξο του Βήματος (2).
- (5) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου, το οποίο διέρχεται από το σημείο του Βήματος (4) και εφάπτεται με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας αριστερής στροφής εξόδου. Ως προς την ακτίνα του τόξου:
 - i. σε τρισκελείς κόμβους είναι κατά κανόνα ίση με την αντίστοιχη ακτίνα εισόδου, αλλά σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να προκύπτει πλάτος σταγόνας μεταξύ 3m και 5m
 - ii. σε τετρασκελείς κόμβους καθορίζεται με βάση τον Πίνακα 4.4 προκειμένου να εξασφαλίζονται ταυτόχρονα οι αριστερές στροφές εξόδου, αλλά αν οι επιφάνειες κατάληψης των αριστερά εξερχόμενων κινήσεων τέμνονται, θα πρέπει να εξεταστεί η αύξηση του παράλληλου κυκλικού τόξου στο Βήμα (3) από 2.0m, σε 3.0m - 4.0m
- (6) Στρογγυλεύονται τα δύο κυκλικά τόξα [Βήμα (2) και Βήμα (5)], σχηματίζοντας την κεφαλή της σταγόνας με $R \geq 0.75\text{m}$, ώστε το νέο αυτό κυκλικό τόξο να απέχει 2.0m – 4.0m από την οριογραμμή της κύριας οδού.
- (7) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο με ακτίνα 0.75m, του οποίου το κέντρο ορίζεται από την τομή της παράλληλης ευθείας στην οριογραμμή της κύριας οδού κατά 25m και της παράλληλης προς τα αριστερά κατά 1.75m του νέου άξονα της δευτερεύουσας οδού.
- (8) Σχεδιάζονται κοινές εφαπτόμενες μεταξύ των κυκλικών τόξων από το Βήμα (2) και το Βήμα (5) με τον κύκλο από το Βήμα (7) και προσαρμόζεται πλέον η πίσω κεφαλή της σταγόνας με κυκλικό τόξο $R=0.75\text{m}$.



Σχήμα 4.44. Μεγάλη σταγόνα ($\alpha < 80\text{g}$).

4.13.2.3 Γωνία Συμβολής $\alpha > 120^\circ$

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό μεγάλης σταγόνας με γωνία συμβολής μεταξύ κύριας και δευτερεύουσας οδού $\alpha > 120^\circ$ (Σχήμα 4.45) έχουν ως εξής:

- (1) Τροποποιείται ο άξονας της δευτερεύουσας οδού στην περιοχή συμβολής με την κύρια εφαρμόζοντας $R \geq 50\text{m}$, ώστε η γωνία συμβολής με την οριογραμμή της κύριας οδού να είναι 100° . Σε τετρασκελείς κόμβους θα πρέπει οι άξονες στις δευτερεύουσες οδούς να απέχουν μεταξύ τους όσο και το πλάτος της σταγόνας προκειμένου αυτές να δύνανται να σχεδιαστούν απέναντι η μία της άλλης.
- (2) Σχεδιάζεται κάθετη ευθεία 2.5m από την οριογραμμή της κύριας οδού και προς τα δεξιά του νέου άξονα της δευτερεύουσας.
- (3) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου. Το κυκλικό αυτό τόξο από αριστερά εφάπτεται με την ευθεία από το Βήμα (2) και από δεξιά με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας αριστερής στροφής εξόδου. Ως προς την ακτίνα του τόξου:
 - i. σε τρισκελείς κόμβους είναι $R = B_{FB} + 2.5\text{m}$
[όπου: B_{FB} πλάτος οδοστρώματος κύριας οδού (m)]
 - ii. σε τετρασκελείς κόμβους καθορίζεται με βάση τον Πίνακα 4.4 προκειμένου να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εισόδου
- (4) Ορίζεται σημείο από την τομή μεταξύ του κυκλικού τόξου στο Βήμα (3) και παράλληλης ευθείας από την οριογραμμή της κύριας οδού σε απόσταση D_P . Η απόσταση αυτή για τυπικό πλάτος κύριας οδού 11.25m (εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης + λωρίδα κυκλοφορίας + λωρίδα αριστερής στροφής + λωρίδα κυκλοφορίας + εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης = 0.50m+3.50m+3.25m+3.50m+0.50m) είναι 0.825m. Για διαφορετικά πλάτη οδοστρώματος κύριας οδού είναι:

$$D_P = (B_{FS} + 3.00) \left(1 - \frac{B_{FB} + 2.50}{B_{FB} + 4.50} \right) \quad (4.4)$$

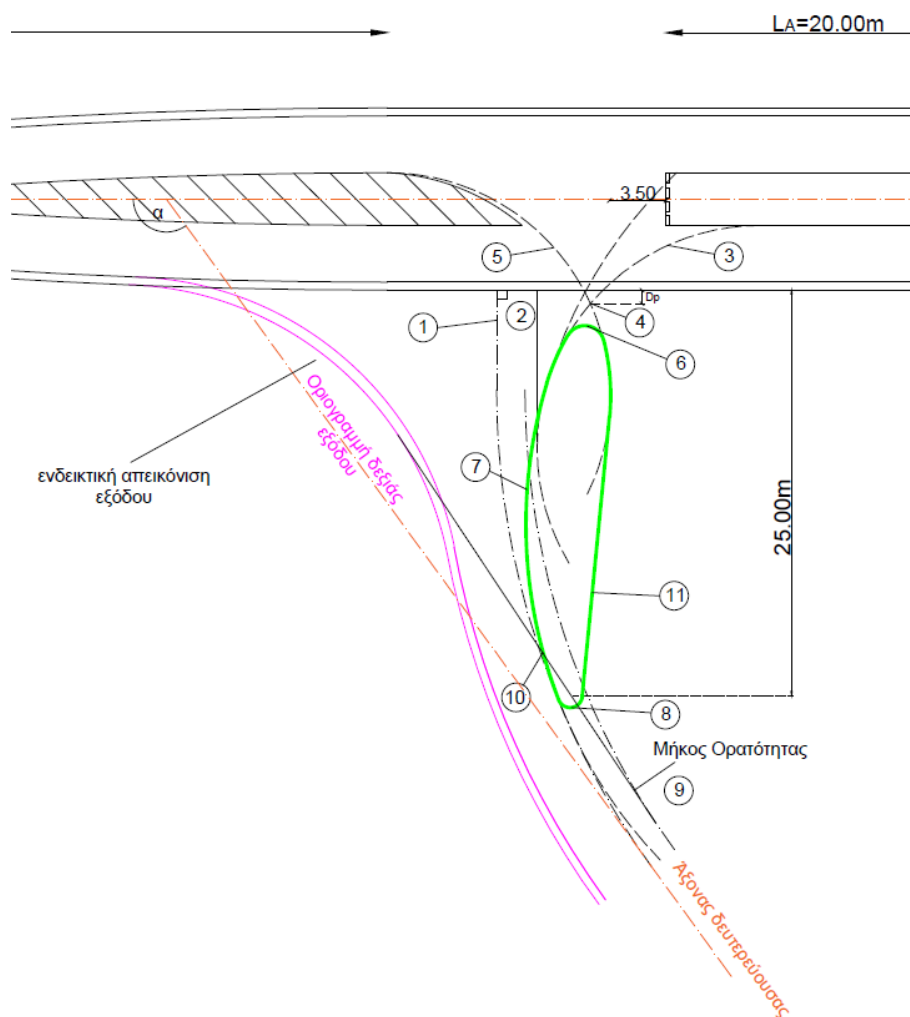
όπου:

B_{FS} : πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας κύριας οδού (m)

B_{FB} : πλάτος οδοστρώματος κύριας οδού (m)

- (5) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου. Το κυκλικό αυτό τόξο διέρχεται από το σημείο στο Βήμα (4) και εφάπτεται με την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού που εισέρχεται το όχημα. Ως προς την ακτίνα του τόξου:
 - i. σε τρισκελείς κόμβους είναι κατά κανόνα ίση με την αντίστοιχη ακτίνα εξόδου
 - ii. σε τετρασκελείς κόμβους καθορίζεται με βάση τον Πίνακα 4.4 προκειμένου να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η αριστερή στροφή εξόδου
- (6) Στρογγυλεύονται τα δύο κυκλικά τόξα [Βήμα (3) και Βήμα (5)], σχηματίζοντας την κεφαλή της σταγόνας με $R \geq 0.75\text{m}$, ώστε το νέο αυτό κυκλικό τόξο να απέχει 2.0m – 4.0m από την οριογραμμή της κύριας οδού.
- (7) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο $R=30\text{m}$ το οποίο εφάπτεται με το κυκλικό τόξο εισόδου στο Βήμα (3) και τον νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού.
- (8) Σχεδιάζεται κύκλος με $R=0.75\text{m}$, του οποίου το κέντρο ορίζεται από την τομή της παράλληλης ευθείας στην οριογραμμή της κύριας οδού κατά 25m και της παράλληλης προς τα δεξιά κατά 0.75m του κυκλικού τόξου στο Βήμα (7). Τμήμα του κύκλου αυτού αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.
- (9) Η οπτική ακτίνα του οδηγού που εισέρχεται στην κύρια οδό, στην περιοχή αρχής του νέου άξονα, θα πρέπει να τέμνει τη σταγόνα προκειμένου να αποφευχθεί είσοδος του στην αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας.
Η υπόψη οπτική ακτίνα εφαρμόζεται στην περιοχή αρχής του νέου άξονα της δευτερεύουσας οδού προς την περιοχή της συναρμογής εξόδου από την κύρια οδό.
Ορίζεται ως η εφαιπτομενική απόσταση από το μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας στην κατεύθυνση εισόδου, προς τη δεξιά οριογραμμή της λωρίδας εξόδου, η οποία σχεδιάζεται με ακτίνα $R=25\text{m}$ με τριγωνική νησίδα.
Αν η οπτική ακτίνα δεν τέμνει τη σταγόνα, τότε απαιτείται επιμήκυνση της σταγόνας η οποία σχεδιάζεται ως εξής:
- (10) Η σταγόνα επιμηκύνεται τουλάχιστον έως το σημείο όπου η οπτική ακτίνα τέμνει τον νέο άξονα της δευτερεύουσας οδού. Στο σημείο αυτό σχεδιάζεται κυκλικό τόξο με $R=0.75\text{m}$ το οποίο εφάπτεται προς τα δεξιά του νέου άξονα της δευτερεύουσας οδού και αποτελεί την πίσω κεφαλή της σταγόνας.

- (11) Σχεδιάζεται κοινή εφαπτόμενη μεταξύ των κυκλικών τόξων που σχεδιάστηκαν στο Βήμα (5) και το Βήμα (10) αντίστοιχα.



Σχήμα 4.45. Μεγάλη σταγόνα ($\alpha > 120^\circ$).

4.14 Σχεδιασμός Δεξιάς Στροφής Εξόδου

Στους έξι τύπους δεξιάς στροφής εξόδου που αναφέρθηκαν (RA 1 – RA 6) υπάρχει διάκριση μεταξύ μεγάλης – μικρής σταγόνας, όπου στην περίπτωση εφαρμογής μεγάλης σταγόνας, σχεδιάζεται και τριγωνική νησίδα.

4.14.1 Με Τριγωνική Νησίδα

Η επιλογή του τύπου δεξιάς στροφής εξόδου (Σχήμα 4.8α) με τριγωνική νησίδα (RA 1 ή RA 3) γίνεται λαμβάνοντας υπόψη και τους αντίστοιχους τύπους εισόδου (KE 1, KE 2 ή KE 3 αντίστοιχα) που φαίνονται στο Σχήμα 4.9α.

Ο σχεδιασμός της τριγωνικής νησίδας δύναται να εξυπηρετεί την ασφαλή κίνηση πεζών και ποδηλάτων. Σε αυτήν την περίπτωση (RA 1) εφαρμόζεται σηματοδότηση και ο προσδιορισμός του μήκους των πλευρών της, προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των προς εξυπηρέτηση φόρτων πεζής κυκλοφορίας και ποδηλάτων. Δηλαδή τα μήκη των πλευρών της νησίδας δεν είναι σταθερά. Παρόλα αυτά, όπως έχει ήδη αναφερθεί, θα πρέπει στην παράλληλη πλευρά με την κύρια οδό, να μην εφαρμόζεται μήκος νησίδας μικρότερο από 5m.

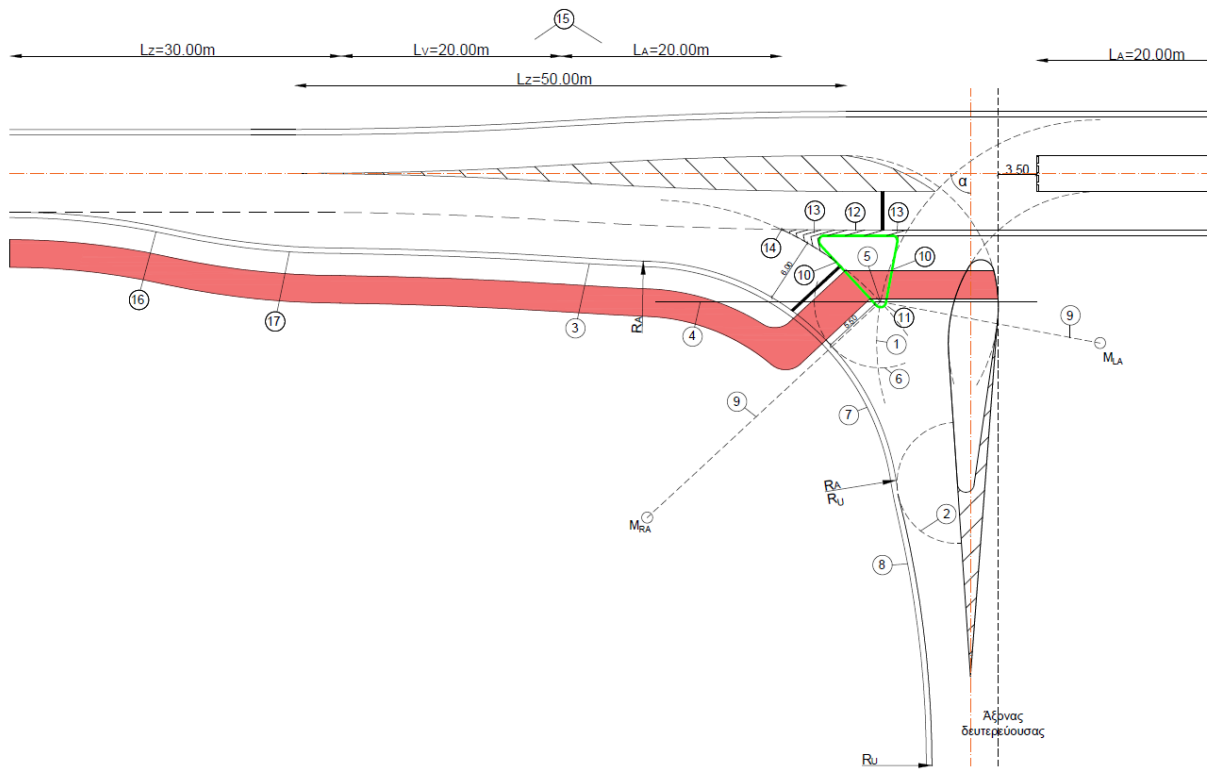
Στην περίπτωση που δεν προβλέπεται κυκλοφορία πεζών – ποδηλάτων, εφαρμόζεται ο τύπος δεξιάς στροφής εξόδου RA 3.

4.14.1.1 Με Κυκλοφορία Πεζών – Ποδηλάτων

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό δεξιάς στροφής εξόδου, με τριγωνική νησίδα και με κυκλοφορία πεζών – ποδηλάτων (Σχήμα 4.46) έχουν ως εξής:

- (1) Σχεδιάζεται παράλληλο βοηθητικό τόξο κύκλου κατά $6.0m+0.5m$ μεγαλύτερο από την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου της σταγόνας.
- (2) Σχεδιάζεται βοηθητικός κύκλος με $R=5.5m$ γύρω από το αριστερό σημείο στρογγύλευσης της πίσω κεφαλής της σταγόνας.
- (3) Σχεδιάζεται παράλληλη στην εξωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού σε απόσταση $3.25m$.
- (4) Σχεδιάζεται παράλληλη από την άκρη της επιφάνειας κυκλοφορίας της κύριας οδού σε απόσταση, η οποία αποτελεί την επιθυμητή διάσταση (μήκος) της τριγωνικής νησίδας, που βρίσκεται απέναντι από την σταγόνα. Το μήκος αυτό, επιλέγεται με βάση το κριτήριο διατήρησης σταθερής απόστασης, από την οριογραμμή της κύριας οδού στη διάβαση, τόσο στην περιοχή της σταγόνας, όσο και στην περιοχή της τριγωνικής νησίδας.
- (5) Επισημαίνεται το σημείο τομής μεταξύ των Βημάτων (1) και (4).
- (6) Σχεδιάζεται βοηθητικός κύκλος $R=5.5m+0.5m$ γύρω από το σημείο στο Βήμα (5)
- (7) Προσαρμόζεται τόξο κύκλου με τρία σημεία, το οποίο εφάπτεται:
 - i. στην παράλληλη από το Βήμα (3)
 - ii. στον κύκλο από το Βήμα (6)
 - iii. στον κύκλο από το Βήμα (2)
- (8) Προσαρμόζεται τόξο κύκλου R_u το οποίο εφάπτεται στο τόξο από το Βήμα (7) και στην οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της δευτερεύουσας οδού, το οποίο δεν πρέπει να τέμνει το βοηθητικό κύκλο στο Βήμα (2). Η ακτίνα του τόξου ως τάξη μεγέθους είναι $R_u \approx 100m$.
- (9) Σχεδιάζονται δύο ευθείες οι οποίες συνδέουν το σημείο στο Βήμα (5) με τα κέντρα των κυκλικών τόξων από το Βήμα (7) και το Βήμα (1).
- (10) Σχεδιάζονται δύο κάθετες ευθείες σε αυτές από το Βήμα (9) σε απόσταση $0.5m$ από το σημείο στο Βήμα (5), οι οποίες αποτελούν τις πλευρές της τριγωνικής νησίδας. Σε τετρασκελείς κόμβους, πρέπει να προσεχτεί η θέση της νησίδας ως προς τη σύνδεση των δύο δευτερευουσών οδών.
- (11) Το κάτω άκρο της τριγωνικής νησίδας στρογγυλεύεται με $R=0.5m$.
- (12) Σχεδιάζεται η τρίτη πλευρά της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή της επιφάνειας κυκλοφορίας της κύριας οδού.
- (13) Οι πλευρές της τριγωνικής νησίδας από το Βήμα (10) και το Βήμα (12) στρογγυλεύονται με $R=0.5m$.
- (14) Επισημαίνεται το σημείο τομής μεταξύ του παράλληλου τόξου στο Βήμα (7) επαυξημένο κατά $5.5m+0.5m$ και της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού.

- (15) Από το σημείο στάσης στη φωτεινή σηματοδότηση σχεδιάζονται τα μήκη αναμονής (l_A) και επιβράδυνσης (l_V) για τη λωρίδα δεξιάς στροφής εξόδου πλάτους 3.25m
- (16) Προσαρμόζεται η εξωτερική οριογραμμή της δεξιάς στροφής εξόδου στην εξωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού σε μήκος διεύρυνσης $l_z = 30m$.
- (17) Η περιοχή δεξιάς στροφής εξόδου έχει επιπλέον έρρισμα 0.50m.

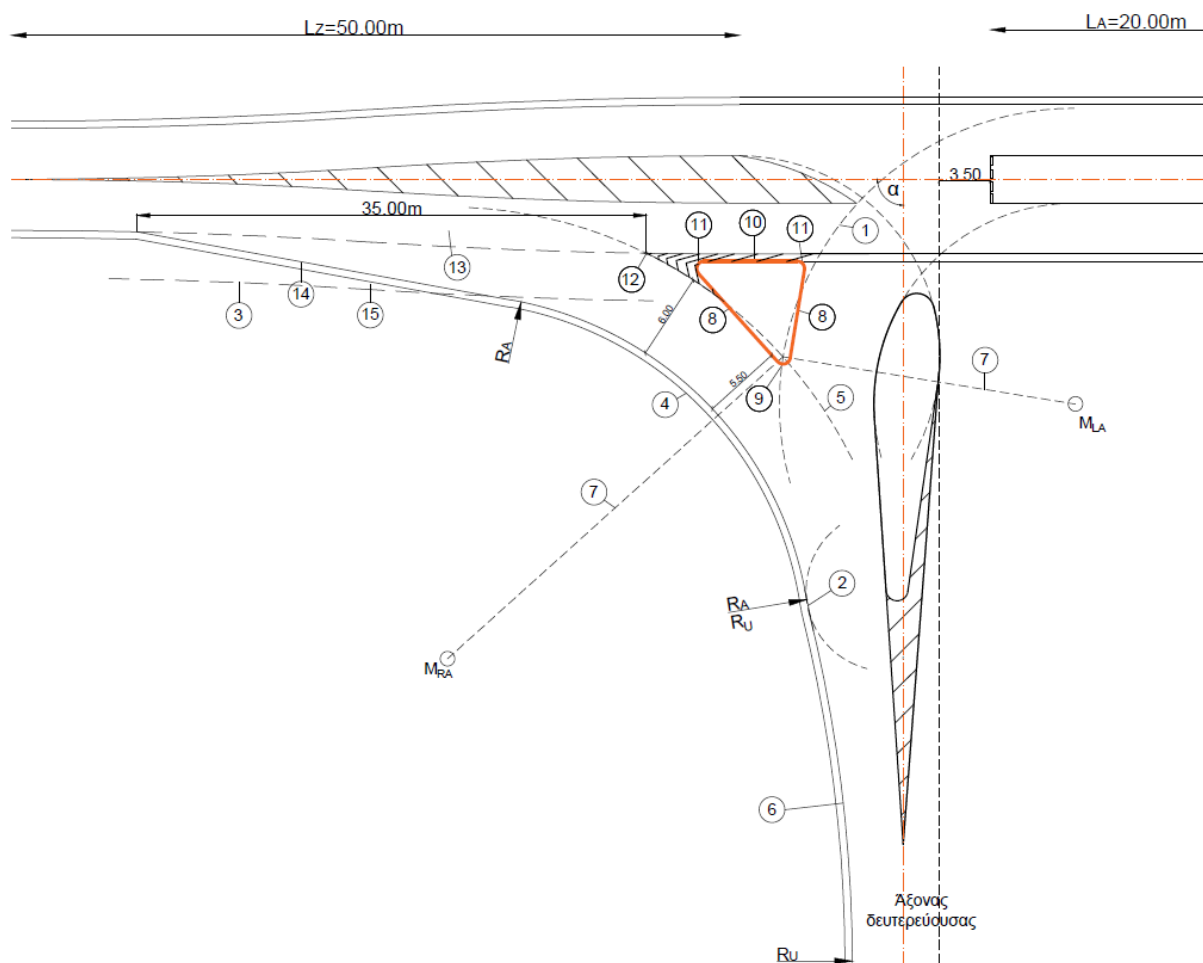


Σχήμα 4.46. Δεξιά στροφή εξόδου, με τριγωνική νησίδα και με κυκλοφορία πεζών – ποδηλάτων.

4.14.1.2 Χωρίς Κυκλοφορία Πεζών – Ποδηλάτων

Τα βήματα που απαιτούνται για το σχεδιασμό δεξιάς στροφής εξόδου, με τριγωνική νησίδα και χωρίς κυκλοφορία πεζών – ποδηλάτων (Σχήμα 4.47) έχουν ως εξής:

- (1) Σχεδιάζεται παράλληλο βοηθητικό τόξο κύκλου κατά $6.0m+0.5m$ μεγαλύτερο από την αριστερά στρέφουσα κίνηση εξόδου της σταγόνας.
- (2) Σχεδιάζεται βοηθητικός κύκλος με $R=5.5m$ γύρω από το αριστερό σημείο στρογγύλευσης της πίσω κεφαλής της σταγόνας.
- (3) Σχεδιάζεται παράλληλη στην εξωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού σε απόσταση $3.25m$.
- (4) Σχεδιάζεται κυκλικό τόξο για τη δεξιά στρέφουσα κίνηση εξόδου. Το κυκλικό αυτό τόξο εφάπτεται στο βοηθητικό κύκλο στο Βήμα (2) και στην παράλληλη ευθεία στο Βήμα (3). Ως προς την ακτίνα του τόξου, κατά βάση ισχύει:
 - i. $R=20m$ για $\alpha < 80g$
 - ii. $R=25m$ για $\alpha \geq 100g$
- (5) Σχεδιάζεται παράλληλο βοηθητικό τόξο κύκλου κατά $5.5m+0.5m$ μεγαλύτερο από αυτό στο Βήμα (4). Το σημείο τομής του τόξου αυτού με το άλλο βοηθητικό τόξο στο Βήμα (1), αποτελεί το κέντρο στρογγύλευσης ($R=0.5m$) του κάτω άκρου της τριγωνικής νησίδας.
- (6) Προσαρμόζεται τόξο κύκλου R_u το οποίο εφάπτεται στο τόξο από το Βήμα (4) και στην οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της δευτερεύουσας οδού, το οποίο δεν πρέπει να τέμνει το βοηθητικό κύκλο στο Βήμα (2). Η ακτίνα του τόξου ως τάξη μεγέθους είναι $R_u \approx 100m$.
- (7) Σχεδιάζονται δύο ευθείες οι οποίες συνδέουν το σημείο στο Βήμα (5) με τα κέντρα των κυκλικών τόξων από το Βήμα (4) και το Βήμα (1).
- (8) Σχεδιάζονται δύο κάθετες ευθείες σε αυτές από το Βήμα (7) σε απόσταση $0.5m$ από το σημείο στο Βήμα (5), οι οποίες αποτελούν τις πλευρές της τριγωνικής νησίδας. Σε τετρασκελείς κόμβους, πρέπει να προσεχτεί η θέση της νησίδας ως προς τη σύνδεση των δύο δευτερευουσών οδών.
- (9) Το κάτω άκρο της τριγωνικής νησίδας στρογγυλεύεται με $R=0.5m$.
- (10) Σχεδιάζεται η τρίτη πλευρά της τριγωνικής νησίδας στην οριογραμμή της επιφάνειας κυκλοφορίας της κύριας οδού.
- (11) Οι πλευρές της τριγωνικής νησίδας από το Βήμα (8) και το Βήμα (10) στρογγυλεύονται με $R=0.5m$.
- (12) Επισημαίνεται το σημείο τομής μεταξύ του παράλληλου τόξου στο Βήμα (4) επαυξημένο κατά $5.5m+0.5m$ και της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού.
- (13) Από το σημείο στο Βήμα (12), επί της κύριας οδού σχεδιάζεται η αρχή της δεξιάς στροφής εξόδου με τις εξής δύο επιλογές:
 - i. “σφήνα” εξόδου σε απόσταση $35m$ επί της κύριας οδού
 - ii. λωρίδα επιβράδυνσης εφαρμόζοντας μήκος επιβράδυνσης (l_v) και θεωρώντας στη συνέχεια ως μήκος διεύρυνσης μεταξύ της εξωτερικής οριογραμμής της δεξιάς στροφής εξόδου από το Βήμα (3) και της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού, $l_z = 30m$.
- (14) Στην περίπτωση “σφήνας” εξόδου, από την αρχή της δεξιάς στροφής εξόδου στο Βήμα (13), σχεδιάζεται εφαπτόμενη προς το κυκλικό τόξο στο Βήμα (4).
- (15) Η περιοχή δεξιάς στροφής εξόδου έχει επιπλέον εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης πλάτους $0.50m$.



Σχήμα 4.47. Δεξιά στροφή εξόδου, με τριγωνική νησίδα και χωρίς κυκλοφορία πεζών – ποδηλάτων.

4.14.2 Χωρίς Τριγωνική Νησίδα

Η επιλογή του τύπου δεξιάς στροφής εξόδου (RA 2, RA 4, RA 5 ή RA 6) χωρίς τριγωνική νησίδα (Σχήμα 4.8α, Σχήμα 4.8β) γίνεται λαμβάνοντας υπόψη αντίστοιχους τύπους εισόδου (KE 1, KE 2, KE 4, KE 5 ή KE 6) που φαίνονται στο Σχήμα 4.9α και Σχήμα 4.9β.

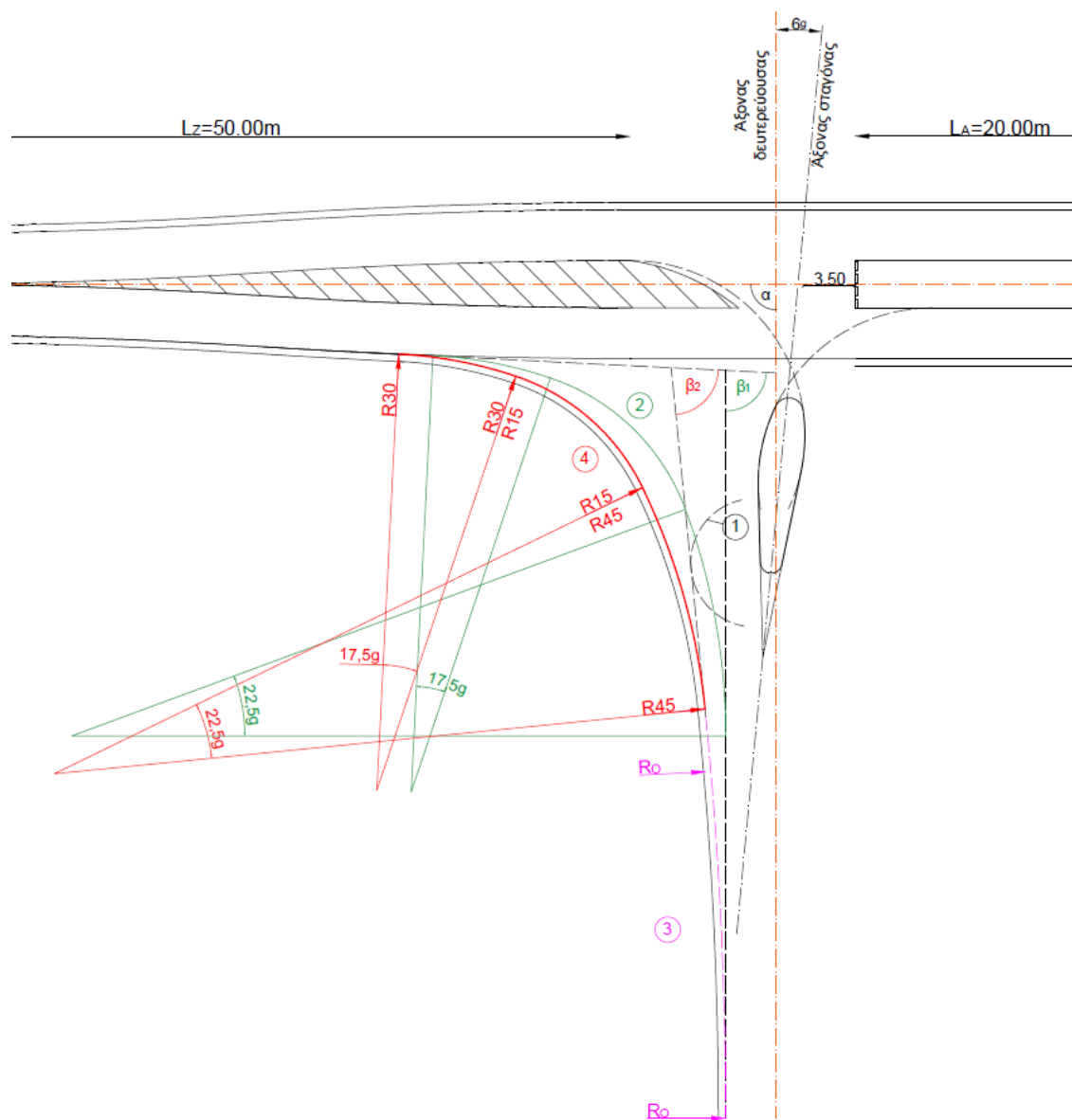
Η εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας πεζών και ποδηλάτων, μπορεί να είναι με (RA 2) ή χωρίς φωτεινή σηματοδότηση (RA 4 ή RA 5).

Σε κάθε περίπτωση όμως, στη δεξιά στροφή εξόδου χωρίς τριγωνική νησίδα, εφαρμόζεται τρίτοξο με κεντρική ακτίνα $R_H=15m$, εκτός του τύπου δεξιάς στροφής εξόδου RA 6, όπου $R_H=12m$.

Το τρίτοξο εφαρμόζεται μεταξύ εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας στην κύρια και εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας στη δευτερεύουσα, εκτός από τον τύπο δεξιάς στροφής εξόδου RA 2 με δεξιά στροφή, όπου εφαρμόζεται μεταξύ εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας δεξιάς στροφής εξόδου από την κύρια και της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας στη δευτερεύουσα.

Παρακάτω περιγράφεται επιπρόσθετη συναρμογή που πιθανώς να απαιτείται στην περιοχή πέρατος του τρίτοξου επί της δευτερεύουσας οδού. Η διερεύνηση αυτή έχει ως εξής (Σχήμα 4.48):

- (1) Σχεδιάζεται βοηθητικό κυκλικό τόξο με $R=4.5m$ γύρω από το αριστερό σημείο στρογγύλευσης της πίσω κεφαλής της σταγόνας.
- (2) Σχεδιάζεται τρίτοξη καμπύλη με βάση αυτά που αναφέρονται παραπάνω για την κεντρική ακτίνα R_H και τις οριογραμμές μεταξύ κύριας – δευτερεύουσας οδού.
- (3) Ελέγχεται αν το κυκλικό τόξο στο Βήμα (1) και η τρίτοξη καμπύλη στο Βήμα (2) τέμνονται.
 - i. αν δεν τέμνονται, θα πρέπει μέσω διερεύνησης του διαγράμματος οπισθοτροχιών του οχήματος σχεδιασμού να αξιολογηθεί αν ο υπόψη ελιγμός είναι αποδεκτός.
 - ii. αν τέμνονται, προσαρμόζεται νέο κυκλικό τόξο R_0 μεταξύ του κυκλικού τόξου στο Βήμα (1) και της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας στη δευτερεύουσα.
- (4) Σχεδιάζεται νέα τρίτοξη καμπύλη μεταξύ της δεξιάς οριογραμμής, της απώτερης προς τον άξονα της κύριας, λωρίδας κυκλοφορίας και του τόξου R_0 εφαρμόζοντας $R_H=15m$ (εκτός του τύπου δεξιάς στροφής εξόδου RA 6, όπου $R_H=12m$).
- (5) Ενδεχόμενη αναγκαιότητα επανάληψης του Βήματος (3) και του Βήματος (4).



Σχήμα 4.48. Δεξιά στροφή εξόδου, χωρίς τριγωνική νησίδα.

4.15 Σχεδιασμός Δεξιάς Στροφής Εισόδου

Στη δεξιά στροφή εισόδου, εφαρμόζεται πάντα τρίτοξο. Πιο συγκεκριμένα, για τους τύπους δεξιάς εισόδου (ΚΕ 1, ΚΕ 2, ΚΕ 3, ΚΕ 4 και ΚΕ 5) η κεντρική ακτίνα του τρίτοξου είναι $R_H=12m$, ενώ στον τύπο εισόδου ΚΕ 6 εφαρμόζεται $R_H=10m$.

Η δεξιά στροφή εισόδου σχεδιάζεται μεταξύ των εξωτερικών οριογραμμών των λωρίδων κυκλοφορίας δευτερεύουσας και κύριας.

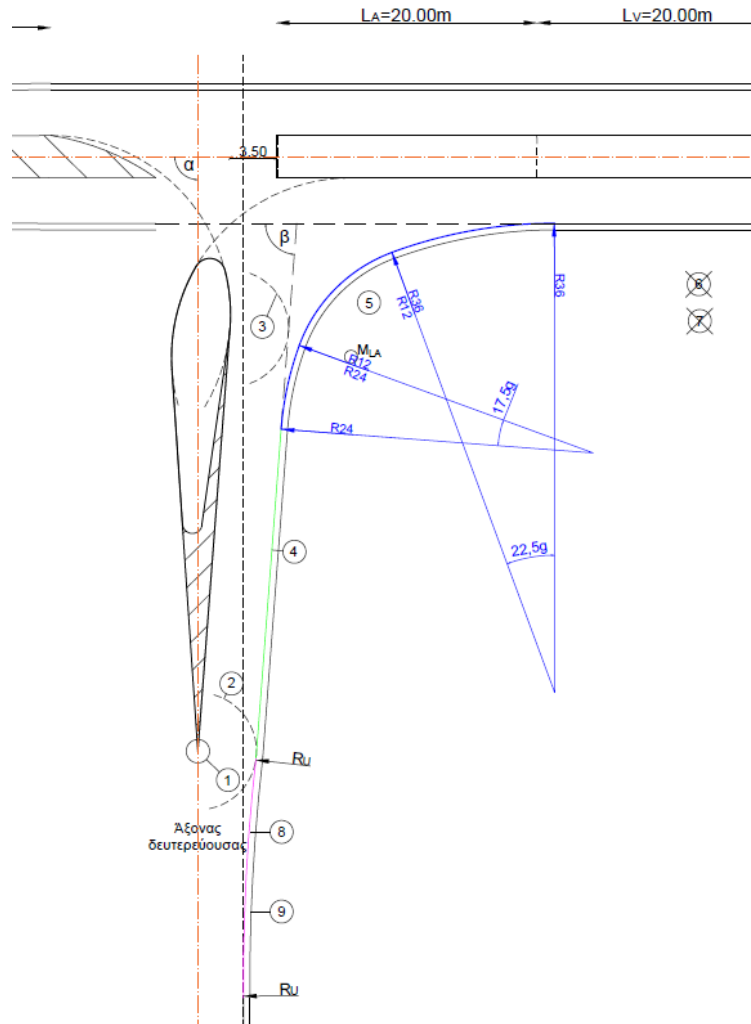
Σε τρισκελείς και τετρασκελείς κόμβους με σταγόνα και με απαίτηση δεύτερης λωρίδας στην περιοχή εισόδου ισχύει:

- Αν το μήκος αναμονής είναι $\leq 40m$, δεν απαιτείται διεύρυνση
- Αν το μήκος αναμονής είναι $>40m$, η δεξιά οριογραμμή διευρύνεται με $L_z = 70m$

Ο σχεδιασμός της δεξιάς συναρμογής εξόδου έχει ως εξής (Σχήμα 4.49):

- (1) Επισημαίνεται σημείο στον άξονα της δευτερεύουσας οδού το οποίο:
 - i. αν υπάρχει απαίτηση μονής ή διπλής λωρίδας αναμονής με μήκος $>40m$, βρίσκεται στην τομή μεταξύ του άξονα της δευτερεύουσας οδού και της δεξιάς οριογραμμής της διαγράμμισης της σταγόνας
 - ii. αν υπάρχει απαίτηση διπλής λωρίδας αναμονής με μήκος έως $40m$, βρίσκεται σε απόσταση από την εξωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού, η οποία προκύπτει από το άθροισμα της απόστασης στάσης από τη φωτεινή σηματοδότηση και της απαιτούμενης αναμονής
✓ το σημείο αυτό δεν επιτρέπεται να βρίσκεται πιο κοντά στην οριογραμμή της κύριας οδού απ'ότι το σημείο που κατασκευάστηκε με την (1) i
- (2) Σχεδιάζεται βοηθητικό κυκλικό τόξο του οποίου το κέντρο είναι κατά περίπτωση το σημείο (1)i ή το σημείο (1)ii αντίστοιχα. Η ακτίνα του κυκλικού τόξου είναι $R=4.5m$ στην περίπτωση εφαρμογής 1 λωρίδας, ή προκύπτει ως άθροισμα του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας $+ 0.50m$ (πλάτος εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης) $+ 0.25m$ (τουλάχιστον στην περιοχή της σταγόνας).
- (3) Σχεδιάζεται βοηθητικό κυκλικό τόξο του οποίου το κέντρο είναι το σημείο τομής μεταξύ της δεξιάς οριογραμμής της διαγράμμισης της σταγόνας και του κυκλικού τόξου για την αριστερά στρέφουσα κίνηση εισόδου. Η ακτίνα του κυκλικού τόξου είναι $R=4.5m$ στην περίπτωση εφαρμογής 1 λωρίδας, ή προκύπτει ως άθροισμα του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας $+ 0.50m$ (πλάτος εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης) $+ 0.25m$ (τουλάχιστον στην περιοχή της σταγόνας).
- (4) Σχεδιάζεται κοινή εφαπτόμενη μεταξύ των βοηθητικών κυκλικών τόξων στο Βήμα (2) και Βήμα (3) αντίστοιχα.
- (5) Σχεδιάζεται τρίτοξο με εφαπτόμενες την ευθεία στο Βήμα (4) και την εξωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας της κύριας οδού, η κεντρική ακτίνα του οποίου είναι σύμφωνα με τα παραπάνω.
- (6) Στην περίπτωση απαίτησης διπλής λωρίδας αναμονής με μήκος $>40m$, στην αρχή της λωρίδας αναμονής επί της δευτερεύουσας οδού (κατεύθυνση προς την κύρια οδό), εφαρμόζεται, προς την αντίθετη κατεύθυνση, διεύρυνση με $L_z = 70m$. Η διεύρυνση αφορά μεταξύ του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας της δευτερεύουσας οδού στο σημείο αρχής της διπλής λωρίδας αναμονής και του συμβατικού πλάτους της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας της δευτερεύουσας οδού.
- (7) Στην περίπτωση απαίτησης διπλής λωρίδας αναμονής με μήκος $>40m$, σχεδιάζονται τα πλάτη ως παράλληλη της εξωτερικής οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας.
- (8) Προσαρμόζεται τόξο κύκλου R_u το οποίο:
 - i. αν υπάρχει απαίτηση μονής ή διπλής λωρίδας αναμονής με μήκος $\leq 40m$, εφάπτεται μεταξύ της ευθείας στο Βήμα (4) και της δεξιάς οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας της δευτερεύουσας οδού
 - ii. αν υπάρχει απαίτηση διπλής λωρίδας αναμονής με μήκος $>40m$, εφάπτεται μεταξύ της ευθείας στο Βήμα (4) και της δεξιάς οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας από το Βήμα(7)
- (9) Η περιοχή δεξιάς στροφής εξόδου έχει επιπλέον εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης πλάτους $0.50m$.

Αν απαιτείται πρόσθετη λωρίδα εισόδου για τη δεξιά στρέφουσα κίνηση, τότε εφαρμόζονται τα παραπάνω, όπου επιπροσθέτως η νέα αυτή λωρίδα εισόδου σχεδιάζεται ως παράλληλη προς τα δεξιά της εξωτερικής οριογραμμής της “παλαιάς δεξιάς” λωρίδας κυκλοφορίας και το μήκος της πρόσθετης απαίτησης σε διεύρυνση λαμβάνεται $L_z = 30\text{m}$.



Σχήμα 4.49. Δεξιά στροφή εισόδου.

5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

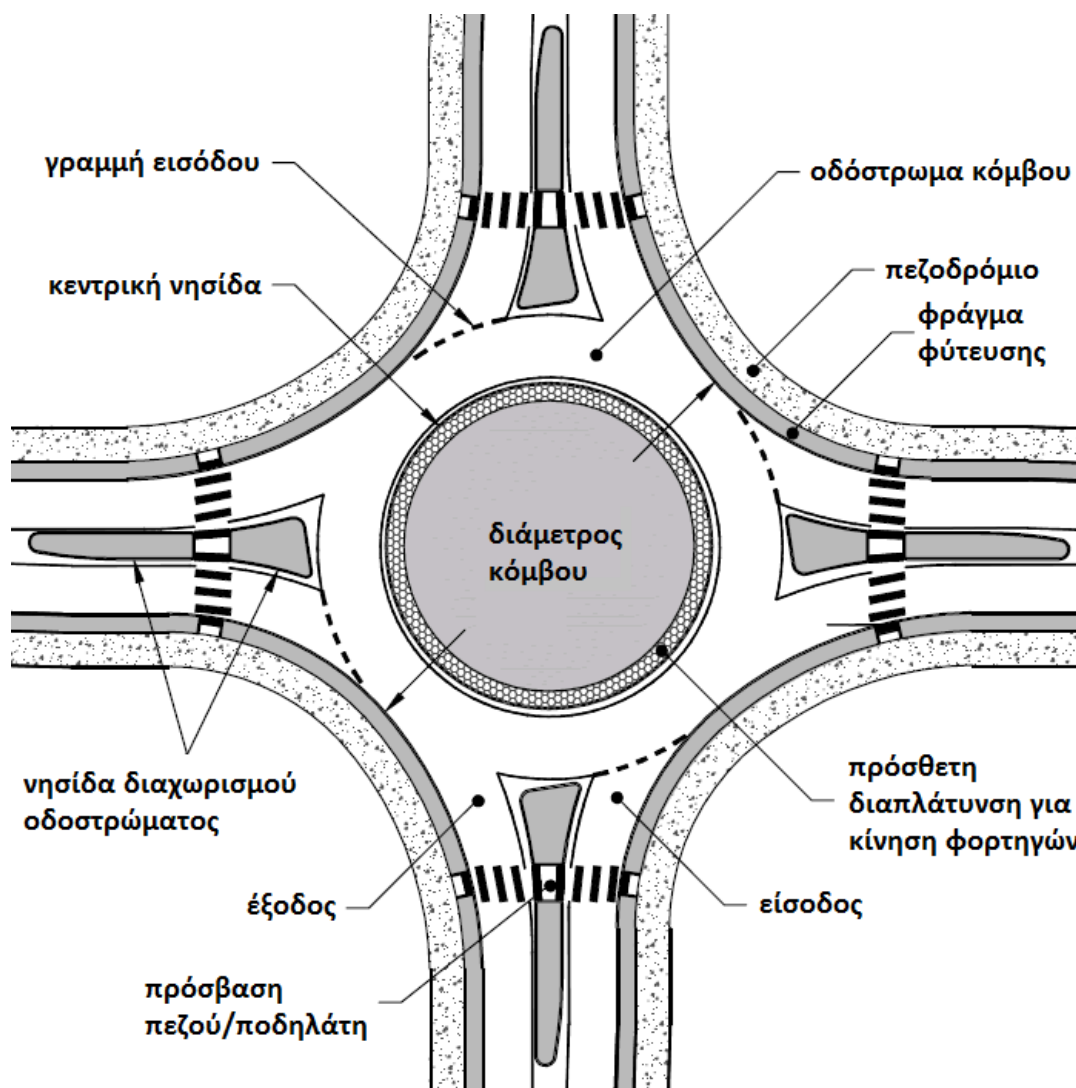
5.1 Γενικά

Οι κυκλικοί κόμβοι αποτελούν κυκλική μορφή ισόπεδου κόμβου όπου η κυκλοφορία των οχημάτων διεξάγεται σε πορεία αντίστροφη από αυτή των δεικτών του ρολογιού (εκτός των χωρών όπου ισχύει η προτεραιότητα από αριστερά) και γύρω από μια κυκλική, κατά βάση νησίδα.

Οι σύγχρονοι κυκλικοί κόμβοι (roundabouts), διαφέρουν τόσο μορφολογικά όσο και λειτουργικά από τις υπόλοιπες κυκλικές διασταυρώσεις παλαιότερου τύπου, όπως οι περιστροφικές κυκλοφοριακές διαμορφώσεις [κυκλικοί κόμβοι αυξημένης διαμέτρου, (rotaries)].

Σε διεθνές επίπεδο υπάρχουν κατά βάση δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στο σχεδιασμό κυκλικών κόμβων. Αυτές αφορούν στις Γερμανικές [20] και Αμερικάνικες [13] αντίστοιχα οδηγίες σχεδιασμού, όπου οι πρώτες, λαμβάνοντας υπόψη μεταξύ άλλων και τους περιορισμούς στο χώρο, εμφανίζονται πιο συντηρητικές σε ό,τι αφορά στις παραμέτρους σχεδιασμού. Τα εδάφια που ακολουθούν περιλαμβάνουν τα βασικά σημεία και από τις δύο οδηγίες, τα οποία εξαιρουμένων των οριακών τιμών γεωμετρικού σχεδιασμού, δεν διαφέρουν ιδιαίτερα.

Στο Σχήμα 5.1 φαίνονται τα βασικά στοιχεία διαμόρφωσης κυκλικού κόμβου μιας λωρίδας κυκλοφορίας.



Σχήμα 5.1. Βασικά στοιχεία διαμόρφωσης κυκλικού κόμβου μιας λωρίδας [13].

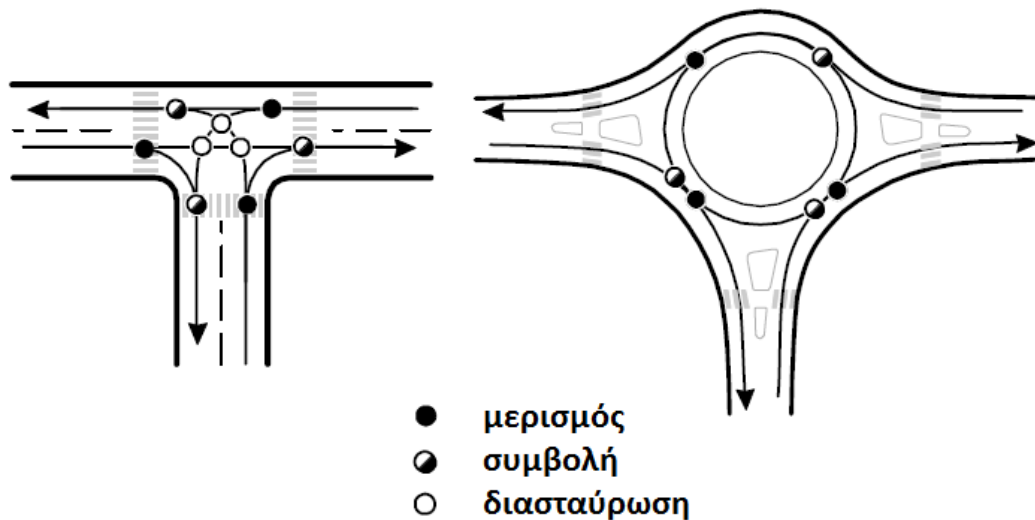
Προτεραιότητα στους κυκλικούς κόμβους έχει η κυκλοφορία εντός του κόμβου, η οποία ακολουθεί την κυκλική διαδρομή, ενώ οι οδηγοί των εισερχόμενων οχημάτων υποχρεώνονται με ανάλογη σήμανση να παραχωρούν προτεραιότητα στους κινούμενους εντός του κόμβου.

Οι λωρίδες κυκλοφορίας στον κυκλικό κόμβο, τόσο στην περιοχή του δακτυλίου όσο και στην περιοχή των οδών προσέγγισης δύνανται να είναι παραπάνω από μία. Υπάρχουν βέβαια διάφοροι περιορισμοί σε αυτό το θέμα οι οποίοι θα αναφερθούν σε επόμενο εδάφιο.

5.2 Ασφάλεια Κυκλοφορίας

Ο σχεδιασμός κυκλικών κόμβων, στο πλαίσιο μιας στρατηγικής ενίσχυσης της οδικής ασφάλειας σε ισόπεδους κόμβους, κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος διεθνώς δεδομένου ότι:

- Εξαλείφονται ή μειώνονται δραστικά τα σημεία εμπλοκής [Σχήμα 5.2(α,β)]
- Τα οχήματα εξαναγκάζονται να κινούνται με μειωμένη ταχύτητα στην περιοχή προσέγγισης και κατά συνέπεια
 - υπάρχει περισσότερος χρόνος στους οδηγούς να προβούν σε επιθυμητούς ή ανεπιθύμητους ελιγμούς
 - μειώνεται η σοβαρότητα των ατυχημάτων
- Ως προς τους πεζούς, η διαχωριστική νησίδα στην περιοχή εισόδου/εξόδου του κυκλικού κόμβου προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια καθώς διαχωρίζονται οι κατευθύνσεις κυκλοφορίας, ενώ ταυτόχρονα μειώνονται οι καθυστερήσεις (Σχήμα 5.3)

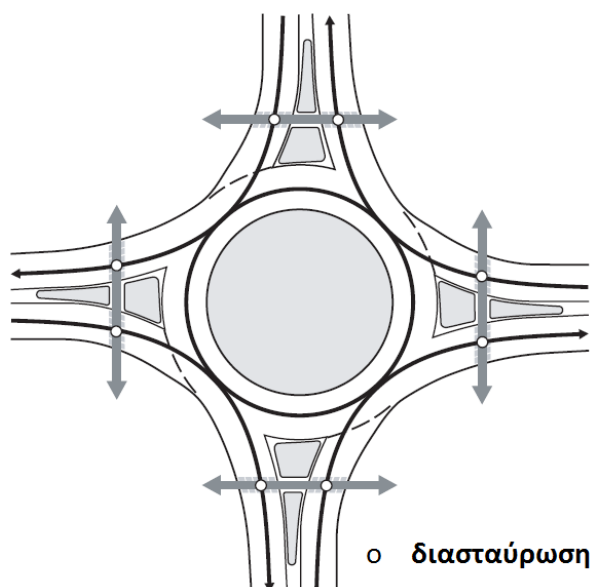


(α) συμβατικός ΙΚ

(β) κυκλικός ΙΚ

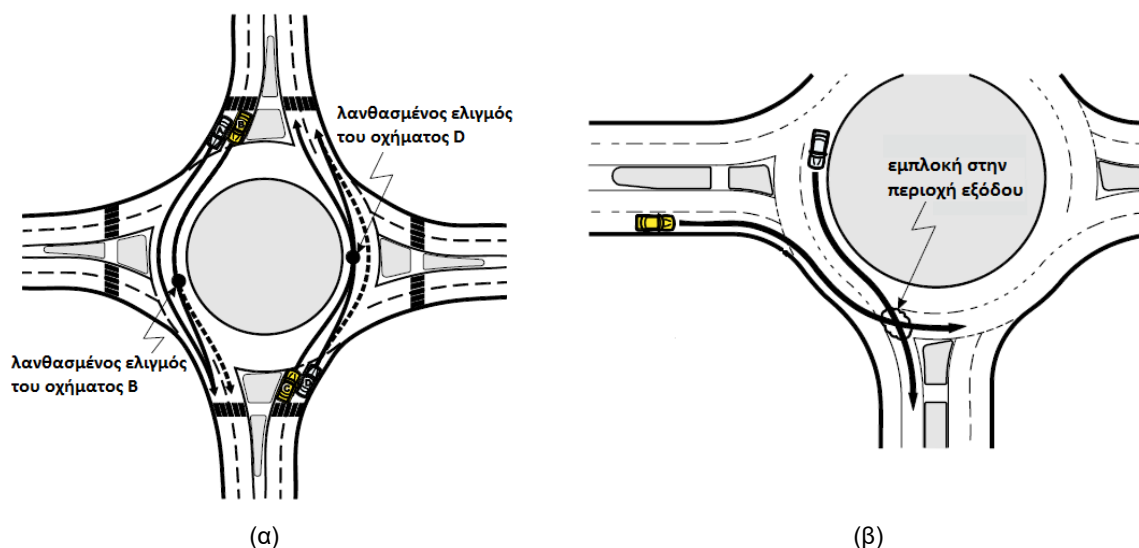
Σημείωση. Τα αντίστοιχα σημεία εμπλοκής σε τετρασκελή διάταξη ισόπεδου κόμβου φαίνονται στο Σχήμα 1.7 Σχήμα 5.2(α,β). Σημεία εμπλοκής σε τρισκελή διάταξη συμβατικού και κυκλικού ισόπεδου κόμβου [13].

Η ασφάλεια κίνησης οχημάτων σε κυκλικούς κόμβους είναι συνάρτηση πλήθους παραμέτρων, καθώς εμπλέκονται μεταβλητές που σχετίζονται με τη δυνατότητα έγκαιρης αναγνώρισης του κόμβου, την κυκλοφορία πεζών και ποδηλάτων καθώς και το γενικότερο σχεδιασμό και λειτουργία του. Ως πρόσθετα παραδείγματα αναφέρονται η διαχείριση στις ταχύτητες των οχημάτων κατά τη διαδικασία προσέγγισης, η γεωμετρία στην περιοχή εισόδου, οι υποχρεωτικές αλλαγές λωρίδων καθώς και οι αυξημένες τιμές κυκλοφοριακού φόρτου.



Σχήμα 5.3. Σημεία διασταύρωσης πεζού-ποδηλάτη με όχημα σε κυκλικό κόμβο [13].

Οι κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων σε σχέση με τους αντίστοιχους μιας λωρίδας, αν και γενικά παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς την παρεχόμενη ασφάλεια, δεδομένης της αναγκαιότητας για εξυπηρέτηση πιο αυξημένων κυκλοφοριακών φόρτων, εμφανίζουν πρόσθετα σημεία εμπλοκών και άρα πιο αυξημένες πιθανότητες πρόκλησης ατυχημάτων. Τα κυριότερα αίτια που συντείνουν σε αυτό οφείλονται στις λανθασμένες επιλογές των οδηγών λόγω της παρουσίας πρόσθετων λωρίδων αφενός και των σημείων πλέξης στις περιοχές εμπλοκών αφετέρου. Στο Σχήμα 5.4α και Σχήμα 5.4β, σε κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων κυκλοφορίας, φαίνονται παραδείγματα εμπλοκών που προκύπτουν από πλέξη οχημάτων στην περιοχή εξόδου και λανθασμένης εκτίμησης των οδηγών στην προσπάθεια διατήρησης της λωρίδας τους αντίστοιχα.



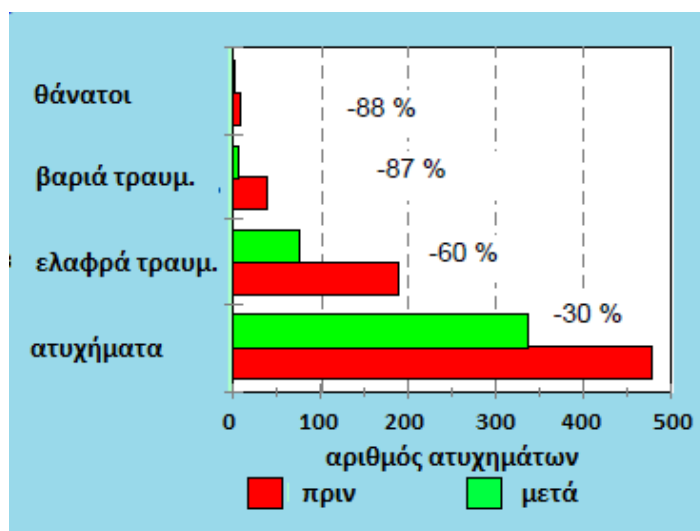
Σχήμα 5.4(α,β). Εμπλοκές κατά την κίνηση οχημάτων σε κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων κυκλοφορίας [13].

Σχετικές έρευνες σε περιοχές με ισοδύναμους κυκλοφοριακούς φόρτους, έχουν δείξει, ότι οι κυκλικοί κόμβοι σε σχέση με τους συμβατικούς ισόπεδους κόμβους (σηματοδοτούμενους και μη), παρουσιάζουν λιγότερα και μικρότερης σοβαρότητας ατυχήματα. Εξαιρεση αποτελούν οι κυκλικοί κόμβοι μεγάλης διαμέτρου, όπου, αν και ο αριθμός των ατυχημάτων (συμβάντα ως προς τον ημερήσιο κυκλοφοριακό φόρτο) εμφανίζεται πιο αυξημένος εντούτοις, η σοβαρότητα αυτών είναι επίσης μικρής σημασίας.

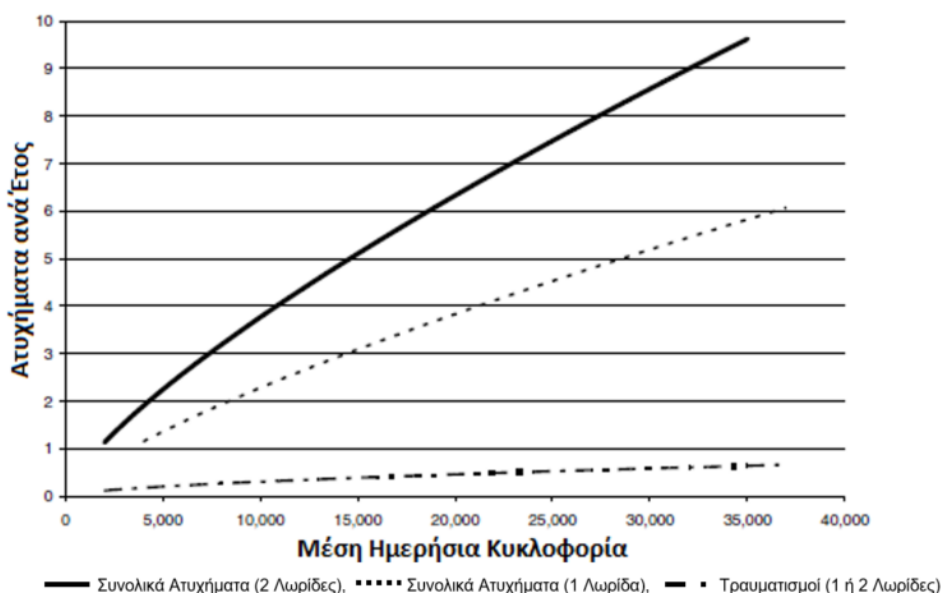
Στο Σχήμα 5.5 φαίνεται η μεταβολή στον τύπο και το πλήθος ατυχημάτων πριν και μετά τη μετατροπή συμβατικής ισόπεδης διασταύρωσης σε κυκλικό κόμβο μιας λωρίδας κυκλοφορίας.

Ο αριθμός των εμπλοκών και κατά συνέπεια οι πιθανότητες πρόκλησης ατυχημάτων, μεταξύ οχημάτων και πεζών, τόσο σε συμβατικούς όσο και σε κυκλικούς κόμβους, αυξάνει όσο αυξάνονται οι λωρίδες προσέγγισης. Παρόλα αυτά, σχετική έρευνα στις ΗΠΑ σε τετρασκελείς κυκλικούς κόμβους μιας και δύο λωρίδων κυκλοφορίας αντίστοιχα, έδειξε ότι η συχνότητα των τραυματισμών βρίσκεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα (Σχήμα 5.6).

Παρόμοια εμπειρία μείωσης των τραυματισμών, αλλά και των ατυχημάτων γενικότερα, κατά τη μετατροπή συμβατικών ισόπεδων κόμβων σε κυκλικούς υπάρχει και σε άλλες χώρες (Πίνακας 5.1) όπου το κυρίαρχο συμπέρασμα είναι ότι τα ατυχήματα αφορούν σχεδόν αποκλειστικά υλικές ζημιές.



Σχήμα 5.5. Μεταβολή στον τύπο και το πλήθος ατυχημάτων κατά τη μετατροπή συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε κυκλικό μιας λωρίδας κυκλοφορίας [14].



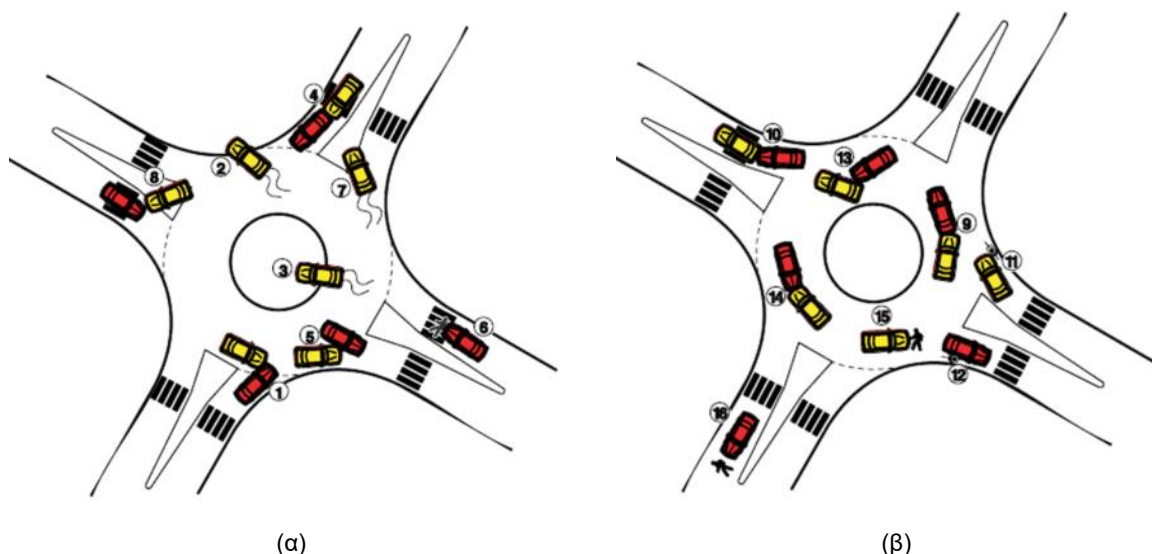
Σχήμα 5.6. Εμπειρία ατυχημάτων σε κυκλικούς κόμβους μιας και δύο λωρίδων κυκλοφορίας στις ΗΠΑ [13].

Χώρα	Μέση Μείωση (%)	
	Σύνολο Ατυχημάτων	Τραυματισμοί
Αυστραλία	41 – 61	45 – 87
Γαλλία	-	57 – 78
Γερμανία	36	-
Ολλανδία	47	-
Ηνωμένο Βασίλειο	-	25 – 39
ΗΠΑ	35	76

Πίνακας 5.1. Μέση μείωση ατυχημάτων κατά τη μετατροπή συμβατικών ισόπεδων κόμβων σε κυκλικούς [15, 16].

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν στην περιοχή ενός κυκλικού κόμβου προκύπτουν γενικά από συνήθεις εμπλοκές μεταξύ οχημάτων, οχημάτων και πεζών ή ποδηλάτων, αλλά και από λανθασμένους χειρισμούς ή εκτροπή οχημάτων. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι ατυχημάτων που παρατηρούνται αφορούν στις εξής περιπτώσεις [Σχήμα 5.7(α,β)]:

- (1) Σύγκρουση κατά τη διαδικασία εισόδου λόγω παραβίασης προτεραιότητας
- (2) Εκτροπή οχήματος εκτός δακτυλίου κυκλοφορίας
- (3) Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την είσοδο
- (4) Πρόσκρουση νωτο-μετωπική κατά την είσοδο
- (5) Σύγκρουση εξερχόμενου οχήματος με όχημα που κινείται στο δακτύλιο
- (6) Σύγκρουση με πεζό στην περιοχή της πεζοδιαβάσης
- (7) Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την έξοδο
- (8) Σύγκρουση εισερχόμενου οχήματος με εξερχόμενο
- (9) Σύγκρουση νωτο-μετωπική επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (10) Σύγκρουση νωτο-μετωπική κατά την έξοδο
- (11) Προσπέραση ποδηλάτου στην είσοδο
- (12) Προσπέραση ποδηλάτου στην έξοδο
- (13) Πλαγιομετωπική κατά την πλέξη επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (14) Κίνηση με αντίθετη ροή επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (15) Σύγκρουση με πεζό επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
- (16) Σύγκρουση με πεζό εκτός πεζοδιαβάσης επί του κλάδου εισόδου ή εξόδου



Σχήμα 5.7(α,β). Τύποι ατυχημάτων σε κυκλικούς κόμβους [17].

Αντίθετα με τους πεζούς, όπου η παρεχόμενη ασφάλεια, τουλάχιστον στις περιοχές διαβάσεων είναι τουλάχιστον ικανοποιητική, η εμπειρία από την κίνηση ποδηλάτων σε κυκλικούς κόμβους έχει δείξει ότι, ιδιαίτερα στο σχεδιασμό αποκλειστικών λωρίδων ποδηλάτου, απαιτείται μεγάλη προσοχή.

Υπό ορισμένες συνθήκες, τα ατυχήματα μεταξύ ποδηλάτων και οχημάτων στους κυκλικούς κόμβους δύνανται να είναι ακόμα και διπλάσια συγκρινόμενα με τους αντίστοιχους συμβατικούς. Κλασσικό παράδειγμα αυξημένης επικινδυνότητας για την κυκλοφορία ποδηλάτων είναι ο σχεδιασμός αποκλειστικής λωρίδας κίνησής τους εξωτερικά του κυκλικού κόμβου [Σχήμα 5.8(α,β)].

Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι η κυκλοφορία ποδηλάτων επί του κυκλικού κόμβου είναι γενικά ασφαλής σε αστικούς κόμβους με ΜΗΚ έως 15000οχ/μέρα. Στην περίπτωση αυτή [Σχήμα 5.9(α,β)], η λωρίδα κίνησης ποδηλάτου διακόπτεται στην περιοχή εισόδου στον κυκλικό κόμβο.



(α)



(β)

Σχήμα 5.8(α,β). Λωρίδα ποδηλάτου εξωτερικά του κυκλικού κόμβου (προς αποφυγή) [14].



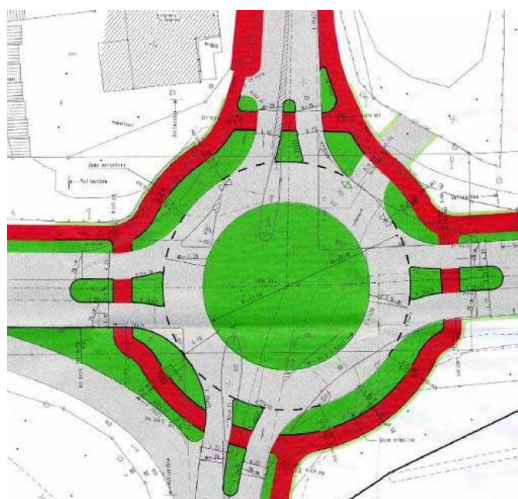
(α)



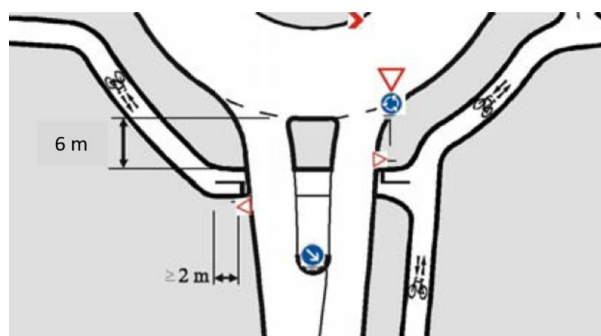
(β)

Σχήμα 5.9(α,β). Κίνηση ποδηλάτων σε αστικούς κυκλικούς κόμβους με ΜΗΚ < 15000οχ/μέρα [14].

Σε αστικούς κυκλικούς κόμβους με μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο καθώς και σε περι-αστικό περιβάλλον, η κίνηση ποδηλάτων πρέπει να σχεδιάζεται σε ξεχωριστή οδευση η οποία στην περιοχή διασταύρωσης με οχήματα πρέπει να απέχει τουλάχιστον 6m από το δακτύλιο κυκλοφορίας του κόμβου. Τα 6m εφαρμόζονται προκειμένου να είναι δυνατή η παραχώρηση προτεραιότητας από όχημα που εξέρχεται χωρίς να παρεμποδίζεται η λειτουργία του κόμβου [Σχήμα 5.10(α,β)].



(α)



(β)

Σχήμα 5.10(α,β). Κίνηση ποδηλάτων σε υπεραστικούς κυκλικούς κόμβους ή αστικούς με ΜΗΚ > 15000οχ/μέρα [14].

5.3 Κριτήρια Σχεδιασμού

Ο επιτυχής σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου αποτελεί μια διαδικασία η οποία προϋποθέτει τη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ της ασφάλειας, της λειτουργικότητας και της επιλογής του κατάλληλου οχήματος σχεδιασμού.

Επίσης σημαντική είναι και η επιρροή του περιβάλλοντος χώρου, βάσει του οποίου, πέρα από γεωμετρικές μεταβλητές, καθορίζονται πλήθος επί μέρους παραμέτρων σχεδιασμού. Ενδεικτικά τέτοιες παράμετροι είναι η ταχύτητα των οχημάτων στην ευρύτερη περιοχή, η επιθυμητή χωρητικότητα του κόμβου, ο διαθέσιμος χώρος ανάπτυξης του κόμβου, η διαχείριση των προσβάσεων, το όχημα σχεδιασμού, καθώς και άλλες μεταβλητές οι οποίες είναι πλήρως εξαρτώμενες από την περιοχή χωροθέτησης του κόμβου. Για παράδειγμα, η κυκλοφορία πεζών και ποδηλάτων εκτός κατοικημένων περιοχών είναι σημαντικά μικρότερη από ότι εντός δομημένων περιοχών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, πέρα από την επιλογή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κυκλικού κόμβου, υπάρχουν ορισμένα βασικά κριτήρια σχεδιασμού τα οποία πρέπει να τηρούνται σε όλες τις περιπτώσεις και αφορούν στα εξής:

- Επίτευξη χαμηλών τιμών ταχυτήτων στις περιοχές εισόδου καθώς και συνέχεια στις υπόψη τιμές εντός του κόμβου
- Ορθολογική επιλογή του απαιτούμενου αριθμού λωρίδων κυκλοφορίας (θα αναλυθεί σε ξεχωριστό εδάφιο) ώστε στην περιοχή του κόμβου να επιτευχθεί
 - ικανοποιητική ισορροπία στον κυκλοφοριακό φόρτο που κατανέμεται ανά λωρίδα και γενικά στη χωρητικότητα
 - ομαλή προσέγγιση των οχημάτων
- Συνολική διαχείριση - αποκατάσταση των προσβάσεων στις περιβάλλουσες χρήσεις
- Κυκλοφοριακή, γεωμετρική και λειτουργική επάρκεια ως προς το όχημα σχεδιασμού
- Επάρκεια μήκους ορατότητας και δυνατότητας αναγνώρισης του κόμβου
- Ικανοποιητική εξυπηρέτηση ως προς την κίνηση πεζών και ποδηλάτων

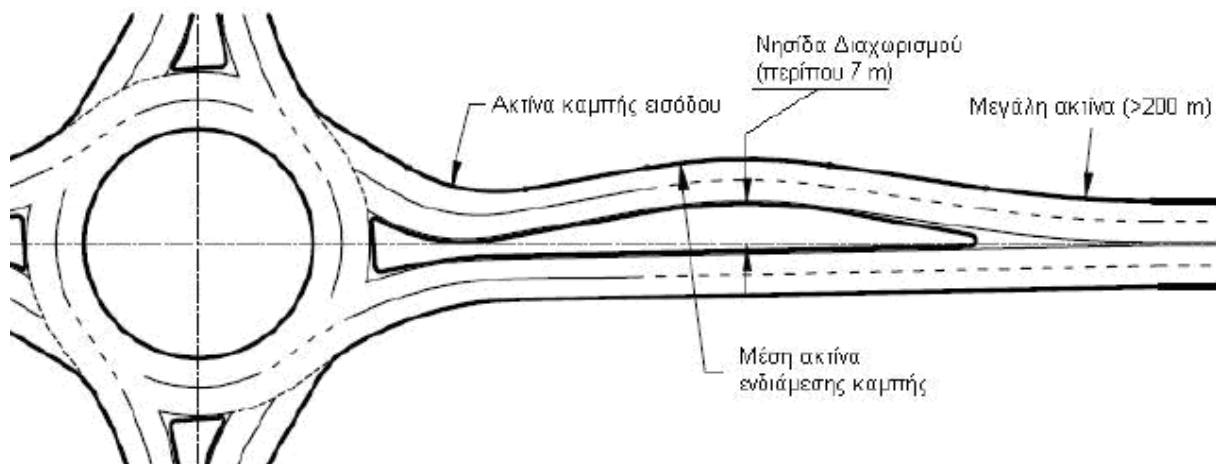
Τα παραπάνω κριτήρια, επηρεάζουν άμεσα την ασφάλεια, τη λειτουργία αλλά και το κόστος κατασκευής του κυκλικού κόμβου και απαιτείται συνεχής αξιολόγηση αλλά και ιεράρχηση αυτών σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού, δεδομένου ότι η τήρηση του ενός δύναται να έχει αρνητικές συνέπειες στην εφαρμογή κάποιου άλλου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ταυτόχρονη απαίτηση εξυπηρέτησης του οχήματος σχεδιασμού (συνήθως φορτηγό) και διατήρησης της ταχύτητας των υπόλοιπων οχημάτων σε χαμηλές τιμές, καθώς πρόσθετες παρεμβάσεις στην περιοχή εισόδου (πχ. αύξηση τιμής ακτίνας εισόδου ή πλάτος λωρίδας) δύνανται να αλλοιώσουν την επιθυμητή ταχύτητα σχεδιασμού του κόμβου.

5.3.1 Διαχείριση Ταχυτήτων

Η επίτευξη κατάλληλης ταχύτητας κίνησης ενός οχήματος στην περιοχή εισόδου ενός κυκλικού κόμβου, αλλά και γενικότερα στην ευρύτερη περιοχή προσέγγισης, αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την ασφάλεια όλων των χρηστών. Στοιχεία ατυχημάτων έχουν δείξει ότι αν και η συχνότητα των ατυχημάτων σε κυκλικούς κόμβους σχετίζεται άμεσα με τον όγκο του προς εξυπηρέτηση κυκλοφοριακού φόρτου, η σοβαρότητα αυτών όμως είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων.

Απαιτείται λοιπόν προσοχή στη διαχείριση των ταχυτήτων τόσο στην περιοχή προσέγγισης, όσο και εντός του κυκλικού κόμβου προκειμένου να υπάρχει ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας. Προφανώς μεταξύ αυτών των ταχυτήτων πρέπει να υπάρχει ομοιομορφία.

Όσον αφορά στη διαδικασία προσέγγισης των οχημάτων στον κυκλικό κόμβο, σε ικανό μήκος από την περιοχή εισόδου, πρέπει να εξασφαλίζεται σταδιακή και ομοιόμορφη μείωση στις τιμές των αντίστοιχων ταχυτήτων τους, ώστε να παρέχεται μεγαλύτερο περιθώριο αντίδρασης αλλά και ηπιότερες επιπτώσεις σε ενδεχόμενες συγκρούσεις. Η επίτευξη χαμηλών τιμών στις ταχύτητες στην περιοχή εισόδου του κόμβου, επιτυγχάνεται μέσω γεωμετρικών παρεμβάσεων εφαρμόζοντας διαδοχικά τόξα αυξανόμενης καμπυλότητας (Σχήμα 5.11).



Σχήμα 5.11. Διαχείριση ταχυτήτων στην περιοχή προσέγγισης κυκλικού κόμβου [13].

Στην περιοχή εισόδου αλλά και εντός του κυκλικού κόμβου, προκειμένου να αξιολογηθούν οι τιμές ταχυτήτων που αναπτύσσει ένα όχημα, λαμβάνεται υπόψη εκείνη η διαδρομή η οποία αναμένεται να ενθαρρύνει τη ταχύτερη πορεία κίνησης. Κατά συνέπεια, οι μέγιστες τιμές ταχυτήτων στην περιοχή εντός του κυκλικού κόμβου, καθορίζονται με βάση τη θεωρητική “ταχύτερη διαδρομή”.

Η “ταχύτερη διαδρομή” αφορά στην πορεία που κινείται το όχημα κατά την είσοδό του, την κυκλική κίνησή του έως και την έξοδο του από τον κυκλικό κόμβο, σε συνθήκες ελεύθερης ροής και αγνοώντας τις οριογραμμές των λωρίδων.

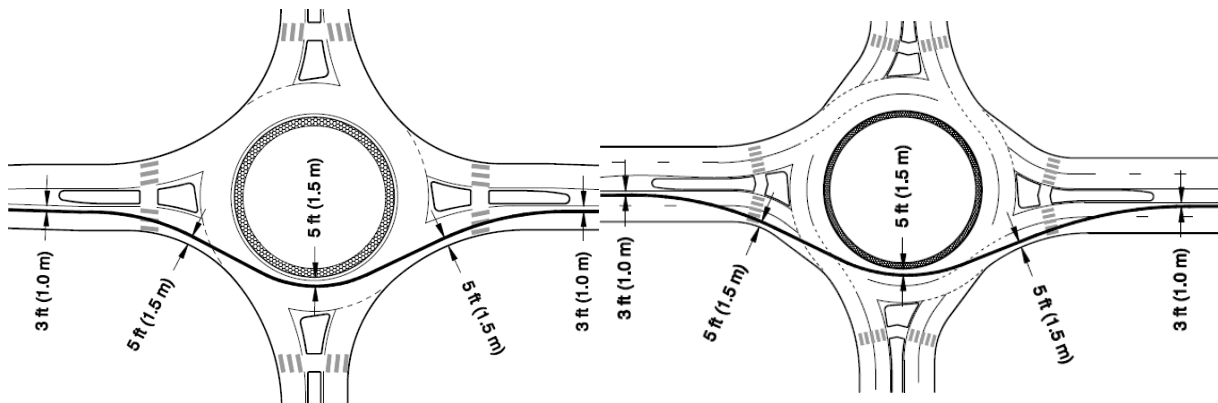
Για παράδειγμα, η “ταχύτερη διαδρομή” κατά την κίνηση οχήματος σε ευθύγραμμη πορεία σε κυκλικό κόμβο μιας λωρίδας κυκλοφορίας (Σχήμα 5.12α), προκύπτει από την αλληλουχία ακτίνων οι οποίες εφαρμόζονται εφαπτομενικά ως παράλληλες των οριογραμμών σε αποστάσεις:

- 1.5m από τις εξωτερικές οριογραμμές του οδοστρώματος
- 1.0m από τις εσωτερικές οριογραμμές του οδοστρώματος (1.5m στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαχωριστική νησίδα)

Αντίστοιχη διαδρομή ακολουθείται και στην περίπτωση κόμβου δύο λωρίδων κυκλοφορίας (Σχήμα 5.12β).

Η “ταχύτερη διαδρομή” πρέπει να σχεδιάζεται ανά πρόσβαση καθώς και για κάθε κίνηση σε αυτή. Ως αποτέλεσμα, ελέγχονται 5 ακτίνες ανά πρόσβαση (Σχήμα 5.13).

Η έννοια της “ταχύτερης διαδρομής” είναι θεωρητική και δεν αντιπροσωπεύει αναμενόμενες ταχύτητες οχημάτων αλλά θεωρητικές οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ταχύτητας σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου.



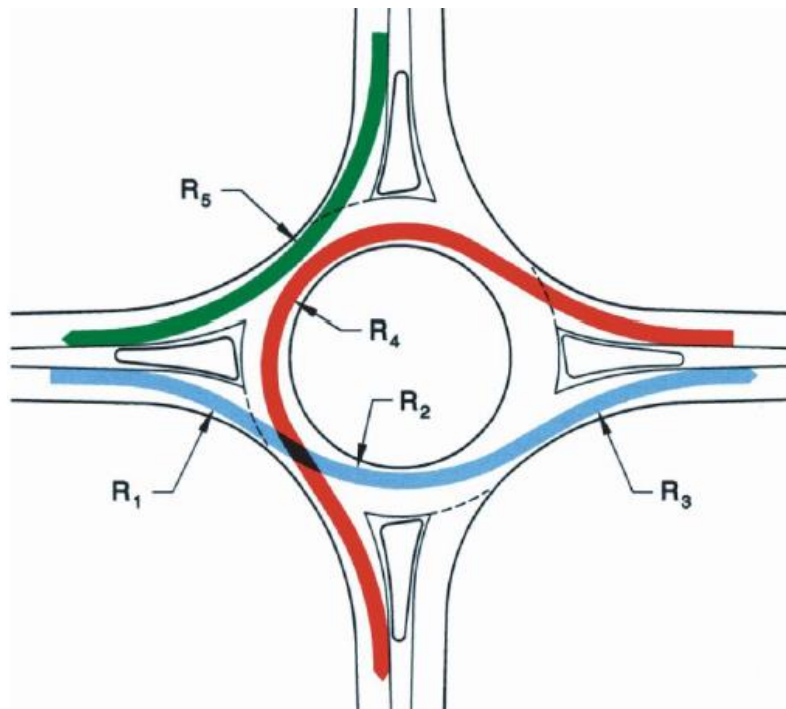
(α) κυκλικός κόμβος 1 λωρίδας κυκλοφορίας

(β) κυκλικός κόμβος 2 λωρίδων κυκλοφορίας

Σχήμα 5.12(α,β). Ταχύτερη διαδρομή κατά την ευθύγραμμη κίνηση οχήματος [13].

Συγκεκριμένα, μια ενδεικτική τιμή ταχύτητας σχεδιασμού λαμβάνεται από το Σχήμα 5.14 συνδυάζοντας την τιμή της μικρότερης ακτίνας της “ταχύτερης διαδρομής” ανά πρόσβαση με την αντίστοιχη τιμή επίκλισης. Το υπόψη διάγραμμα έχει προκύψει με βάση τη θεμελιώδη εξίσωση της σημειακής μάζας και αφορά σε δύο τιμές επίκλισης +2.0% και -2.0%.

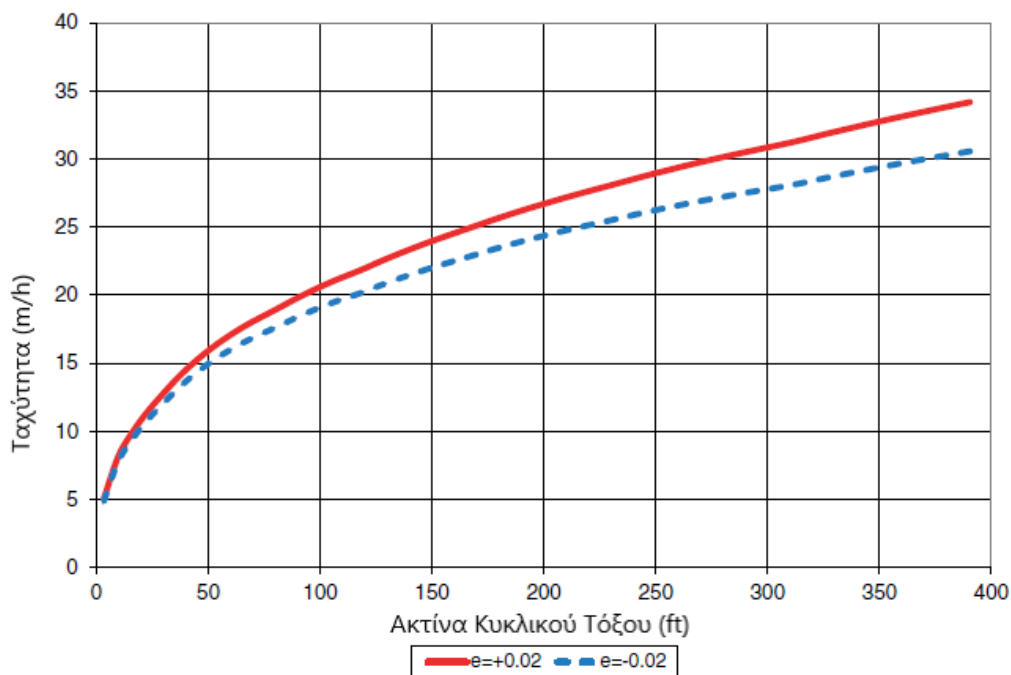
Σε κυκλικούς κόμβους μιας λωρίδας κυκλοφορίας, η ταχύτητα σχεδιασμού γενικά κυμαίνεται μεταξύ 30km/h – 40km/h, ενώ σε κυκλικούς κόμβους με περισσότερες λωρίδες, θεωρώντας ότι το όχημα δεν κινείται αποκλειστικά σε μία από αυτές, 40km/h – 50km/h.



Σχήμα 5.13. Κρίσιμες ακτίνες για τον προσδιορισμό της “ταχύτερης διαδρομής” [13].

Εν κατακλείδι, σύμφωνα με αυτά που αναφέρονται παραπάνω, η διαδικασία διαχείρισης των ταχυτήτων οχημάτων σε κυκλικό κόμβο περιλαμβάνει δύο στάδια:

- Προσέγγιση στον κυκλικό κόμβο
- Κίνηση επί του κυκλικού κόμβου



Σημείωση. 1ft=0.305m, 1m/h=1.60km/h

Σχήμα 5.14. Προσδιορισμός ταχύτητας σχεδιασμού σε κυκλικό κόμβο [13].

Οποιαδήποτε μονομερής αντιμετώπιση του ζητήματος της προσαρμογής των ταχυτήτων σε ένα κυκλικό κόμβο είναι βέβαιο ότι θα αυξήσει το δείκτη ατυχημάτων σε αυτόν. Κατά συνέπεια, δεν επιτρέπεται αποσπασματική εφαρμογή τόξου μικρής ακτίνας στην περιοχή εισόδου ενός κυκλικού κόμβου. Αντίθετα η επιλογή του προϋποθέτει την ομαλή μείωση της ταχύτητας στην περιοχή προσέγγισης η οποία επιτυγχάνεται με επιλογή κατάλληλων διαδοχικών τόξων αυξανόμενης καμπυλότητας.

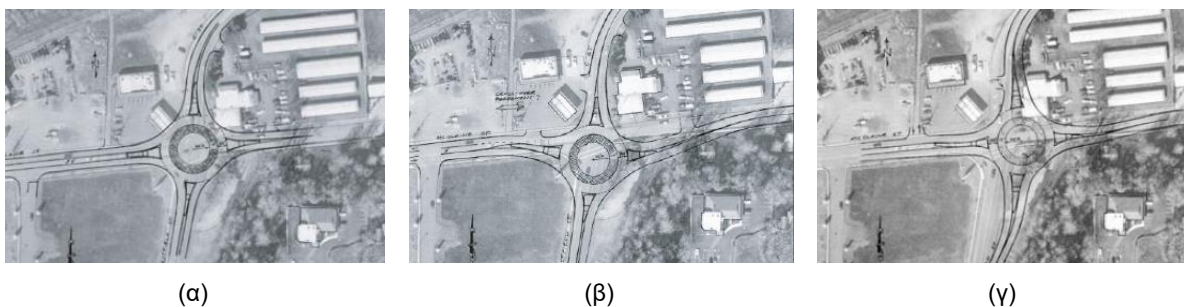
Γενικά, ο σχεδιασμός θεωρείται επιτυχημένος, όταν η διαφορά ταχυτήτων μεταξύ διαδοχικών στοιχείων σχεδιασμού στην περιοχή προσέγγισης, αλλά και η διαφορά ταχυτήτων στις περιοχές εισόδου με την ταχύτητα σχεδιασμού του κόμβου, δεν υπερβαίνει τα 20km/h.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην περίπτωση κυκλικού κόμβου με περισσότερες από μία λωρίδες, καθώς το αυξημένο πλάτος οδοστρώματος ευνοεί την ανάπτυξη υψηλών τιμών στις ταχύτητες εισόδου.

5.3.2 Διαχείριση Προσβάσεων

Η ύπαρξη παρόδιων χρήσεων στην περιοχή χωροθέτησης κυκλικού κόμβου, συνεπάγεται εξυπηρέτηση των προσβάσεων σε αυτές. Πολλές φορές αυτή η διαδικασία είναι επίπονη και απαιτεί το σχεδιασμό εναλλακτικών προτάσεων.

Στο Σχήμα 5.15(α,β,γ) φαίνονται τρεις εναλλακτικές λύσεις μετατροπής συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε κυκλικό της ίδιας διαμέτρου όπου, για κάθε μία πρόταση προκύπτουν διαφορετικές επιπτώσεις στον παρόδιο χώρο. Είναι προφανές ότι η οποιαδήποτε τροποποίηση στη διάμετρο του κυκλικού κόμβου θα έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα και άλλων εναλλακτικών σχεδιασμών.



Σχήμα 5.15(α,β,γ). Εναλλακτικές προτάσεις μετατροπής συμβατικού ισόπεδου κόμβου σε κυκλικό [13].

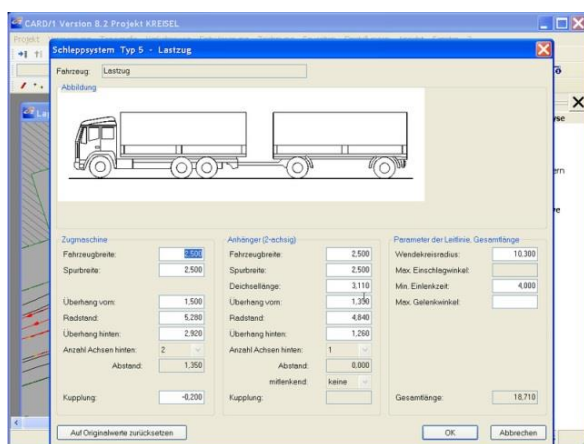
5.3.3 Όχημα Σχεδιασμού

Βασική προϋπόθεση στη διαδικασία μελέτης ενός κυκλικού κόμβου, αποτελεί ο καθορισμός του οχήματος σχεδιασμού, δεδομένου ότι η όποια επιλογή επηρεάζει άμεσα τη γεωμετρία του κυκλικού κόμβου και άρα την τελική του μορφή. Ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η επιρροή του οχήματος σχεδιασμού στο σχεδιασμό των ακτίνων των τόξων στις περιοχές εισόδου και εξόδου.

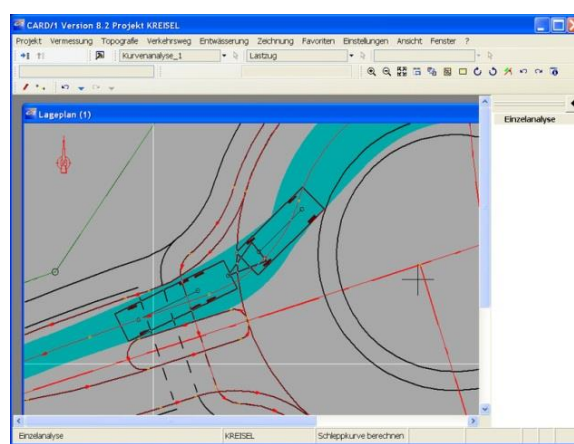
Η διαδικασία επιλογής του κατάλληλου οχήματος σχεδιασμού είναι συνάρτηση της κατηγορίας των οδών που προσεγγίζουν τον κυκλικό κόμβο αλλά και των γενικότερων χαρακτηριστικών των χρήσεων γης στην υπόψη περιοχή. Είναι σαφές ότι σε κεντρικές λεωφόρους αστικών περιοχών πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα κυκλοφορίας μεγάλων φορτηγών, ενώ σε οδούς με μικρότερους κυκλοφοριακούς φόρτους και ιδιαίτερα σε περιοχές όπου χωροθετούνται κατοικίες, απαιτείται πρόβλεψη για τη διέλευση τουλάχιστον πυροσβεστικών οχημάτων καθώς και μικρότερων φορτηγών.

Η επιλογή του κατάλληλου οχήματος σχεδιασμού λαμβάνεται με βάση το διάγραμμα του εύρους κατάληψης του. Εξειδικευμένα λογισμικά, παρέχουν σχετικές “βιβλιοθήκες” οχημάτων οι οποίες δίδουν ανά περίπτωση τα ίχνη κατάληψης του επιλεγέντος οχήματος προκειμένου κατά τη διαδικασία σχεδιασμού να ληφθούν υπόψη τυχόν πρόσθετες απαιτήσεις σε παρόδιο χώρο. Η διαδικασία αυτή παλιότερα εφαρμόζονταν με τη βοήθεια σχετικών περιγράμμάτων.

Στο Σχήμα 5.16α φαίνονται τα χαρακτηριστικά ενός οχήματος σχεδιασμού (ρυμουλκούμενο φορτηγό) και στο Σχήμα 5.16β τα ίχνη κατάληψης του σε υπό μελέτη κυκλικό κόμβο.



(α) όχημα σχεδιασμού



(β) ίχνη κατάληψης

Στο Σχήμα 5.16(α,β). Επιλογή οχήματος σχεδιασμού και ίχνη κατάληψης.

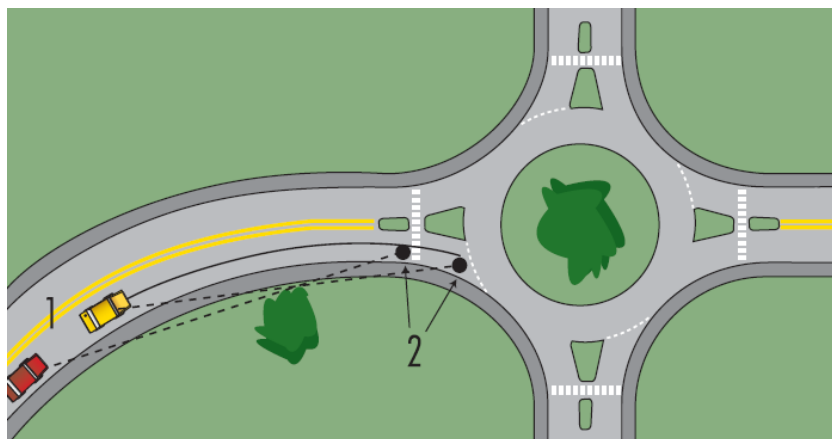
5.3.4 Μήκος Ορατότητας

Η επάρκεια μήκους ορατότητας για την αναγνώριση και έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος κατά την προσέγγιση του σε κυκλικό κόμβο καθώς και κατά την κυκλική κίνησή του σε αυτόν, αποτελούν καθοριστικής σημασίας παραμέτρους για την παρεχόμενη ασφάλεια ενός κυκλικού κόμβου.

Όμοια με τους συμβατικούς ισόπεδους κόμβους, διακρίνονται δύο είδη μήκους ορατότητας:

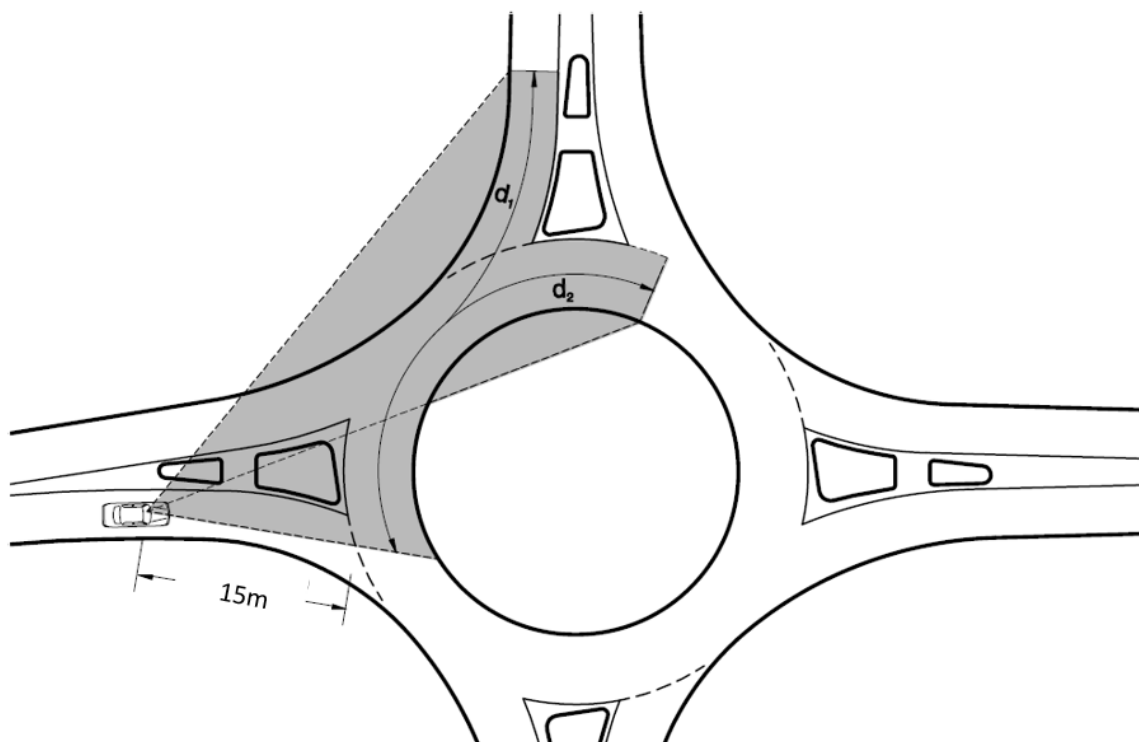
- Μήκος ορατότητας για στάση (Σχήμα 5.17)
- Μήκος ορατότητας για προσέγγιση σε κόμβο η επάρκεια του οποίου ελέγχεται με τα γνωστά τρίγωνα (Σχήμα 5.18)

Με βάση τη διεθνή εμπειρία, είναι επιθυμητό σε κάθε κλάδο προσέγγισης ενός κυκλικού κόμβου, τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας να μην υπερβαίνουν ιδιαίτερα τα αντίστοιχα απαιτούμενα, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι στην αντίθετη περίπτωση αναπτύσσονται πιο αυξημένες τιμές ταχυτήτων στις περιοχές εισόδου, με αποτέλεσμα τη μείωση της παρεχόμενης ασφάλειας σε αυτόν.



Σημείωση. Περίπτωση κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών.

Σχήμα 5.17. Μήκος ορατότητας για στάση σε κυκλικό κόμβο [19].

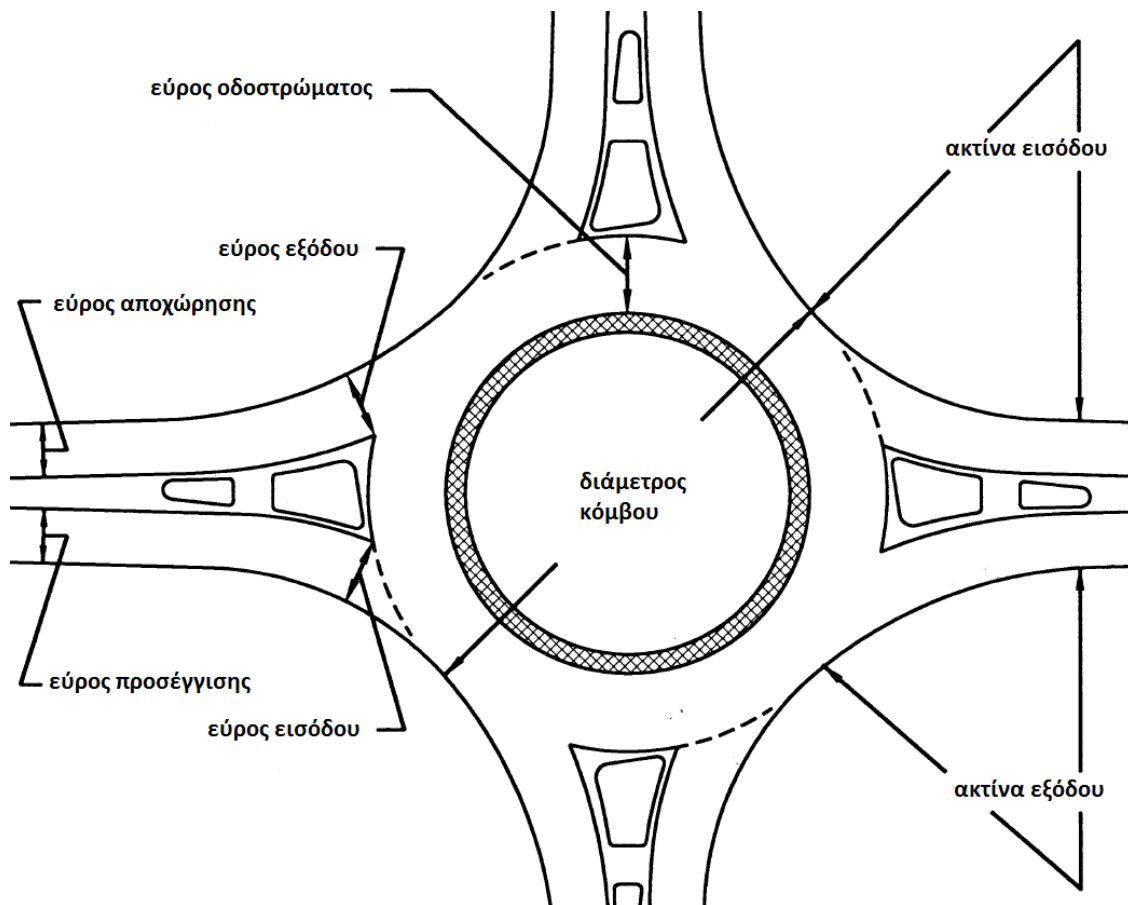


Σημείωση: d_1 κατεύθυνση πρόσβασης και d_2 κατεύθυνση επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο.

Σχήμα 5.18. Μήκος ορατότητας για προσέγγιση σε κυκλικό κόμβο [13].

5.4 Γεωμετρικός Σχεδιασμός

Τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία ενός κυκλικού κόμβου φαίνονται στο Σχήμα 5.19.



Σχήμα 5.19. Βασικά γεωμετρικά στοιχεία ενός κυκλικού κόμβου [13].

Στα εδάφια που ακολουθούν περιγράφονται συνοπτικά οι τύποι των σύγχρονων κυκλικών κόμβων μαζί με βασικά στοιχεία σχεδιασμού, οι δυνατότητες χωροθέτησής τους αναφορικά με τους κλάδους προσέγγισης και παρατίθενται οι οριακές τιμές βασικών παραμέτρων σχεδιασμού με βάση τις Γερμανικές FGSV, 2006 [20] και Αμερικάνικες NCHRP, 2010 [13] αντίστοιχα οδηγίες.

5.4.1 Τύποι Κυκλικών Κόμβων και Βασικά Χαρακτηριστικά Σχεδιασμού

Οι κυκλικοί κόμβοι με βάση το μέγεθος, τις λωρίδες κυκλοφορίας καθώς και τη θέση τους εντός – εκτός κατοικημένων περιοχών, διακρίνονται στους εξής τύπους [Σχήμα 5.20(α,β,γ)]:

- “Μικροί” κυκλικοί κόμβοι (mini roundabouts) (Σχήμα 5.20α)
Εφαρμόζονται σε αστικό περιβάλλον, όπου η κεντρική νησίδα είναι πλήρως υπερβατή, προκειμένου να εξυπηρετείται η κυκλοφορία βαρέων οχημάτων. Οριοθετούν γενικά περιοχές γειτονιάς ή κατοικιών, όπου οι ταχύτητες των οχημάτων είναι ιδιαίτερα περιορισμένες.
- “Τυπικοί” κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας (single lane roundabouts) (Σχήμα 5.20β)
Εφαρμόζονται κυρίως σε αστικό περιβάλλον. Περιλαμβάνουν μία λωρίδα κυκλοφορίας τόσο στους κλάδους προσέγγισης, όσο και επί της κυκλικής κίνησης. Η κεντρική νησίδα είναι υπερυψωμένη, όπως υπερυψωμένες είναι και οι νησίδες στην περιοχή των διαβάσεων πεζών και ποδηλάτων (αστικοί κόμβοι). Η διάμετρος της κεντρικής νησίδας είναι σαφώς μεγαλύτερη όπως και οι ταχύτητες κίνησης των οχημάτων. Για την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων ενδεχομένως να απαιτείται υπερβατή ζώνη ομόκεντρα της κεντρικής νησίδας. Θεωρείται ο ασφαλέστερος τύπος κυκλικού κόμβου.

- Κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων (multilane roundabouts) (Σχήμα 5.20γ)

Εφαρμόζονται τόσο σε αστικό όσο και υπεραστικό περιβάλλον με αυξημένους κυκλοφοριακούς φόρτους. Περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα κλάδο εισόδου με δύο ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας. Η διάμετρος της υπερυψωμένης κεντρικής νησίδας, όπως και τα υπόλοιπα τόξα στις περιοχές εισόδου – εξόδου είναι μικρότερης σχετικά καμπυλότητας και κατά συνέπεια ευνοείται η ανάπτυξη μεγαλύτερων τιμών ταχυτήτων.



(α) “μικροί”

(β) “τυπικοί” μιας λωρίδας

(γ) πολλαπλών λωρίδων

Σχήμα 5.20(α,β,γ). Τύποι Κυκλικών Κόμβων.

Στον Πίνακα 5.2, Πίνακα 5.3 και Πίνακα 5.4 φαίνονται τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού “μικρών”, “τυπικών” μιας λωρίδας και πολλαπλών λωρίδων κυκλικών κόμβων αντίστοιχα.

“Μικροί” Κυκλικοί Κόμβοι		
Στοιχεία Σχεδιασμού	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
Μέση Λειτουργική Ταχύτητα (km/h)	< 50	< 50
Κεντρική Νησίδα	πλήρως υπερβατή	
Διάμετρος Κόμβου (m)	13 - 27	13 - 24
Εύρος Οδοστρώματος Κόμβου (m)	4.2 – 5.5	4.5 – 6.0
ΜΗΚ (οχ/24 ^h)	≤ 15000	≤ 20000
Λωρίδες Εισόδου	1	1
Λωρίδες Εξόδου	1	1
Αστικός - Υπεραστικός	αστικός	

Σημείωση. Η διάμετρος και το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνουν το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.
Πίνακας 5.2. Βασικά στοιχεία σχεδιασμού “μικρών” κυκλικών κόμβων.

Η βασική διαφοροποίηση στις Γερμανικές οδηγίες είναι ότι η μόνη αποδεκτή διάταξη πολλαπλών λωρίδων σε κυκλικό κόμβο περιλαμβάνει το πολύ δύο λωρίδες εισόδου αλλά σε καμμία περίπτωση πάνω από μία λωρίδα εξόδου.

Η απόρριψη κυκλικών κόμβων με περισσότερες λωρίδες στις Γερμανικές οδηγίες, οφείλεται στο γεγονός ότι οι μη σηματοδοτούμενοι κόμβοι με αυτή τη διάταξη έχουν ως άνω όριο εξυπηρέτησης τα 40000οχ/24^h, γεγονός το οποίο δεν αντισταθμίζεται από την αυξημένη, σε σχέση με τους άλλους τύπους, επικινδυνότητα που παρουσιάζουν (αυξημένες ταχύτητες, περιοχές με πλέξεις, κλπ.)

Η απαίτηση της μιας λωρίδας εξόδου, εφαρμόζεται προκειμένου να αποφευχθεί πλέξη μεταξύ του οχήματος που εξέρχεται από την εσωτερική οριογραμμή του κυκλικού δακτυλίου και αυτού που κινείται επί του δακτυλίου, αναγκάζοντας με τον τρόπο αυτό έμμεσα το όχημα που επιθυμεί να εξέλθει του κόμβου, να κινηθεί επί της εξωτερικής οριογραμμής του κυκλικού κόμβου. Αυτός είναι και ο λόγος που επί του κυκλικού δακτυλίου εφαρμόζεται μία διευρυμένη λωρίδα χωρίς διαγράμμιση για το διαχωρισμό λωρίδων.

Η πρακτική αυτή αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματική, καθώς οι σηματοδοτούμενοι κυκλικοί κόμβοι στο Γερμανικό αστικό και υπεραστικό δίκτυο δύνανται να διαχειριστούν με επιτυχία κυκλοφοριακούς φόρτους έως και 50000οχ/24^h.

“Τυπικοί” 1 Λωρίδας Κυκλικοί Κόμβοι		
Στοιχεία Σχεδιασμού	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
Μέση Λειτουργική Ταχύτητα (km/h)	< 50	< 50
Κεντρική Νησίδα	υπερυψωμένη	
Υπερβατή Ζώνη Ομόκεντρα της Κεντρικής Νησίδας	ναι	ναι (αστικοί) όχι (υπεραστικοί)
Διάμετρος Κόμβου (m)	27 - 55	26 - 50
Εύρος Οδοστρώματος Κόμβου (m)	≤ 6.5	6.0 – 8.0
ΜΗΚ (οχ/24 ^h)	≤ 25000	≤ 25000
Λωρίδες Εισόδου	1	1
Λωρίδες Εξόδου	1	1
Αστικός - Υπεραστικός	αστικός - υπεραστικός	

Σημείωση. Η ΜΗΚ αναφέρεται σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο.

Η διάμετρος και το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνουν το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.
Πίνακας 5.3. Βασικά στοιχεία σχεδιασμού “τυπικών” μιας λωρίδας κυκλικών κόμβων.

2 ⁺ Λωρίδων Κυκλικοί Κόμβοι		
Στοιχεία Σχεδιασμού	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
Μέση Λειτουργική Ταχύτητα (km/h)	< 50	< 50
Κεντρική Νησίδα	υπερυψωμένη	
Υπερβατή Ζώνη Ομόκεντρα της Κεντρικής Νησίδας	ναι	ναι (αστικοί) όχι (υπεραστικοί)
Διάμετρος Κόμβου (m)	46 - 90	40 - 60
Εύρος Οδοστρώματος Κόμβου (m)	8.5 – 9.8 (2 λωρίδων) 12.8 – 14.6 (3 λωρίδων)	8.0 – 10.0
ΜΗΚ (οχ/24 ^h)	≤ 45000	≤ 32000
Λωρίδες Εισόδου	2 ⁺	1 ή 2
Λωρίδες Εξόδου	2 ⁺	1
Αστικός - Υπεραστικός	αστικός - υπεραστικός	υπεραστικός (κυρίως)

Σημείωση. Η ΜΗΚ αναφέρεται σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο.

Η διάμετρος και το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνουν το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.
Πίνακας 5.4. Βασικά στοιχεία σχεδιασμού πολλαπλών λωρίδων κυκλικών κόμβων.

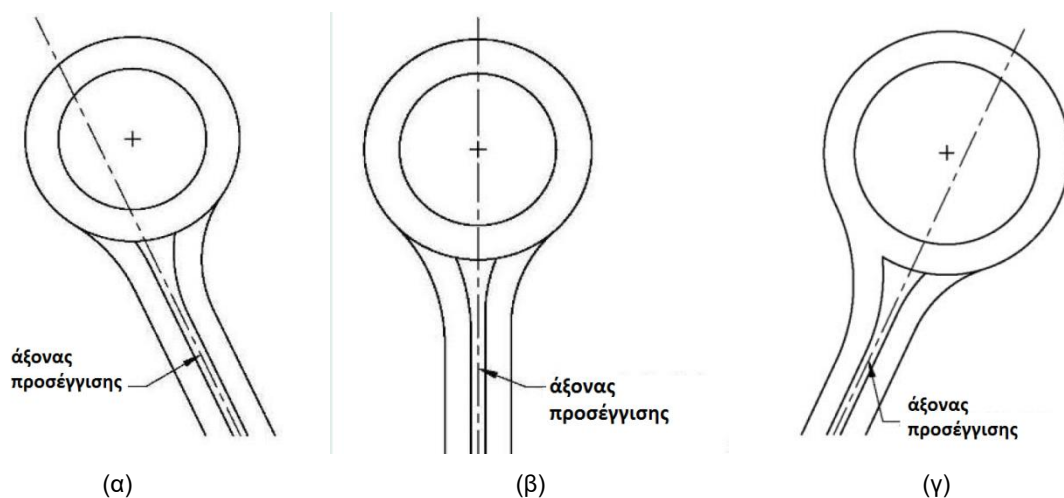
5.4.2 Θέση Κυκλικού Κόμβου ως προς τους Κλάδους Προσέγγισης

Ο επιτυχής σχεδιασμός των κλάδων προσέγγισης προς τον κυκλικό κόμβο έχει βαρύνουσα σημασία στην παρεχόμενη ασφάλεια, καθώς, πέρα από την προφανή επιρροή στις τιμές των ταχυτήτων στην περιοχή εισόδου, η μορφή της προσέγγισης καθορίζει την επιλογή του οχήματος σχεδιασμού αλλά και τα διατιθέμενα μήκη ορατότητας στον κόμβο.

Διακρίνονται τρεις δυνατές περιπτώσεις χωροθέτησης του κυκλικού κόμβου σε σχέση με τη θέση του κλάδου προσέγγισης, όπου τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανά περίπτωση, έχουν ως εξής:

- Εκτροπή του κλάδου προσέγγισης προς τα αριστερά του κυκλικού κόμβου (Σχήμα 5.21α)
Με βάση τις Αμερικάνικες οδηγίες, η περίπτωση αυτή είναι η πλέον επιθυμητή, καθώς η αυξημένη εκτροπή στην περιοχή προσέγγισης
 - ο παρέχει ευχέρεια στην είσοδο βαρέων οχημάτων σε κυκλικούς κόμβους μικρής σχετικά διαμέτρου
 - ο επιτρέπει την εφαρμογή αυξημένης ακτίνας εισόδου, διατηρώντας όμως τον έλεγχο στις τιμές ταχυτήτων
 Ως μειονέκτημα, αναφέρεται η ενδεχόμενη επιτάχυνση των οχημάτων στην περιοχή εξόδου από τον κόμβο και ιδιαίτερα στην περιοχή διάβασης πεζών, δεδομένης της εφαρμογής τόξων σχετικά μικρής καμπυλότητας.
- Η προέκταση του άξονα στον κλάδο προσέγγισης διέρχεται από το κέντρο του κυκλικού κόμβου (Σχήμα 5.21β).
Με βάση τις Γερμανικές οδηγίες αποτελεί προτεινόμενη διάταξη για όλους τους τύπους κυκλικών κόμβων καθώς μεταξύ άλλων αποφεύγονται εκτενείς επεμβάσεις στο σχεδιασμό των προσβάσεων προ του κόμβου. Στην περιοχή εξόδου, η χρήση κατάλληλης καμπυλότητας αποθαρρύνει τους οδηγούς να αναπτύξουν αυξημένες τιμές ταχυτήτων. Αν και με την εφαρμογή της παρούσας διάταξης υπάρχει ενδεχομένως απαίτηση χρήσης μεγαλύτερης διαμέτρου στον κυκλικό κόμβο, προκειμένου να επιτευχθούν τα ίδια επίπεδα ελέγχου στις τιμές των ταχυτήτων εισόδου με πριν, γενικά θεωρείται ικανοποιητικός σχεδιασμός.
- Εκτροπή του κλάδου προσέγγισης προς τα δεξιά του κυκλικού κόμβου (Σχήμα 5.21γ)
Η διάταξη αυτή αναπόφευκτα ενθαρρύνει αυξημένες τιμές στις ταχύτητες εισόδου και κατά συνέπεια είναι επιθυμητή μόνο στις περιπτώσεις εφαρμογής αυξημένης διαμέτρου στον κυκλικό κόμβο.

Αναφορικά με την επιθυμητή γωνία τομής των κλάδων πρόσβασης, ισχύει ό,τι και στην περίπτωση των συμβατικών ισόπεδων κόμβων, δηλαδή 100g.



Σχήμα 5.21(α,β,γ). Δυνατές περιπτώσεις χωροθέτησης κυκλικού κόμβου ως προς τον κλάδο προσέγγισης [13].

5.4.3 Επικλίσεις επί του Κυκλικού Οδοστρώματος και Υπερβατή Ζώνη

Δεδομένων των χαμηλών ταχυτήτων που αναπτύσσονται επί του κυκλικού οδοστρώματος, προκειμένου να διευκολύνεται η απορροή των ομβρίων, εφαρμόζεται αρνητική επίκλιση -2.0% στις Αμερικάνικες οδηγίες και -2.5% στις αντίστοιχες Γερμανικές (Σχήμα 5.22).

Η υπερβατή ζώνη ομόκεντρα της κεντρικής νησίδας είναι περιοχή στην εσωτερική οριογραμμή του κυκλικού δακτυλίου κυκλοφορίας και χρησιμεύει στην εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων. Αρνητικές επικλίσεις εφαρμόζονται και επί της υπερβατής ζώνης (Σχήμα 5.22, Σχήμα 5.23).

Στις Γερμανικές οδηγίες, η εφαρμογή υπερβατής ζώνης συστήνεται κυρίως σε αστικούς τυπικούς κυκλικούς κόμβους μιας λωρίδας κυκλοφορίας. Γενικά η υπερβατή ζώνη είναι ελαφρώς υπερυψωμένη $3\text{cm} - 7\text{cm}$ σε σχέση με το εύρος οδοστρώματος, και έχει πλάτος $<1/3$ αυτού.



Σχήμα 5.22. Επικλίσεις επί του κυκλικού οδοστρώματος.



Σχήμα 5.23. Υπερβατή ζώνη σε κυκλικό κόμβο.

5.4.4 Σχεδιασμός Εισόδου

Η σχεδιασμός της περιοχής εισόδου έχει ως στόχο την ομαλή καθοδήγηση των οχημάτων εντός του κυκλικού κόμβου με βάση την επιθυμητή ταχύτητα, λαμβάνοντας υπόψη το όχημα σχεδιασμού και εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα τα αναγκαία μήκη ορατότητας. Αφορά στο εύρος οδοστρώματος πριν την είσοδο καθώς και στα κυκλικά τόξα που οριοθετούν τη δεξιά στροφή εισόδου.

5.4.4.1 Εύρος Οδοστρώματος Εισόδου

Το εύρος οδοστρώματος στην περιοχή εισόδου εξαρτάται επίσης από τον τύπο του κόμβου. Στον Πίνακα 5.5, δίδονται οι σχετικές τυπικές τιμές με βάση τις Αμερικάνικες και Γερμανικές οδηγίες.

Στις Αμερικάνικες οδηγίες, δεδομένων των πιο αυξημένων διαστάσεων στα βαρέα οχήματα, αλλά και σε περιπτώσεις που προκύπτει αναγκαιότητα επιπρόσθετης χωρητικότητας, εφαρμόζεται τοπική διεύρυνση (flaring) στην περιοχή εισόδου (με μήκους της τάξης των 40m περίπου) όπου η πρόσθετη λωρίδα έχει πλάτος ίσο με αρχικό πλάτος εισόδου (Σχήμα 5.24α). Εναλλακτικά, ανάλογα με τα ίχνη

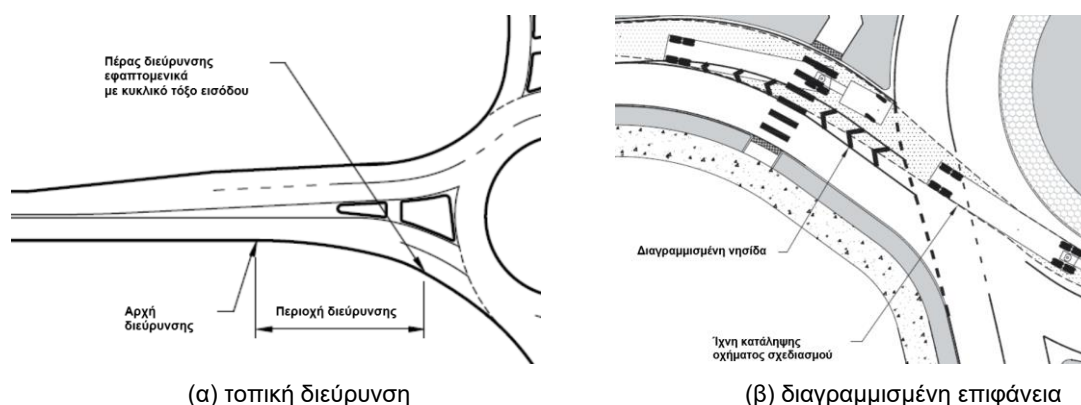
κατάληψης του οχήματος σχεδιασμού, μεταξύ των δύο λωρίδων δύναται να σχεδιαστεί διαγραμμισμένη νησίδα (vane island), της οποίας η μορφή απεικονίζεται στο Σχήμα 5.24β.

Εύρος Οδοστρώματος Εισόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	4.20 – 5.50	3.25 – 3.75 (αστικός) 3.50 – 4.00 (υπεραστικός)
2 ⁺ Λωρίδων (m/λωρίδα)	3.70 – 4.60	3.25 – 3.75 (αστικός) 3.50 – 4.00 (υπεραστικός)

Σημείωση. Στις Γερμανικές οδηγίες ο αριθμός των λωρίδων εισόδου είναι μέχρι 2.

Το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνει το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.

Πίνακας 5.5. Εύρος οδοστρώματος εισόδου.



Σχήμα 5.24(α,β). Τοπική διεύρυνση και διαγραμμισμένη επιφάνεια για την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων [13].

5.4.4.2 Ακτίνες Εισόδου

Η εφαρμογή τόξων μικρής καμπυλότητας ευνοεί την είσοδο στον κυκλικό κόμβο με αυξημένη ταχύτητα, ενώ αντίθετα κατά την εφαρμογή τόξων αυξημένης καμπυλότητας υπάρχει πάντα ο κίνδυνος εκτροπής του οχήματος από την επιθυμητή πορεία. Θα πρέπει κατά την επιλογή των ακτίνων εισόδου να λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα που προκύπτει από την “ταχύτερη διαδρομή”.

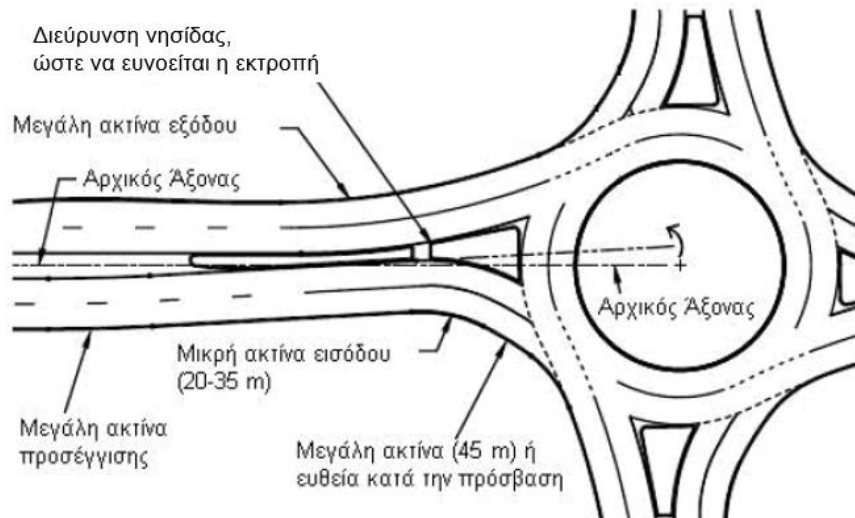
Οι ακτίνες στην περιοχή εισόδου εξαρτώνται και αυτές με τη σειρά τους από τον τύπο του κόμβου. Στον Πίνακα 5.6, δίδονται οι σχετικές τυπικές τιμές με βάση τις Αμερικάνικες και Γερμανικές οδηγίες.

Ακτίνες Εισόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	15 – 30	8 – 10 (μικρός) 10 – 14 (αστικός) 14 – 16 (υπεραστικός)
2 ⁺ Λωρίδων	ακολουθία R= (20 – 45) μετά R=∞ ή R>45	12 – 16 (αστικός) 14 – 16 (υπεραστικός)

Σημείωση. Στις Γερμανικές οδηγίες ο αριθμός των λωρίδων εισόδου είναι μέχρι 2.

Πίνακας 5.6. Ακτίνες εισόδου.

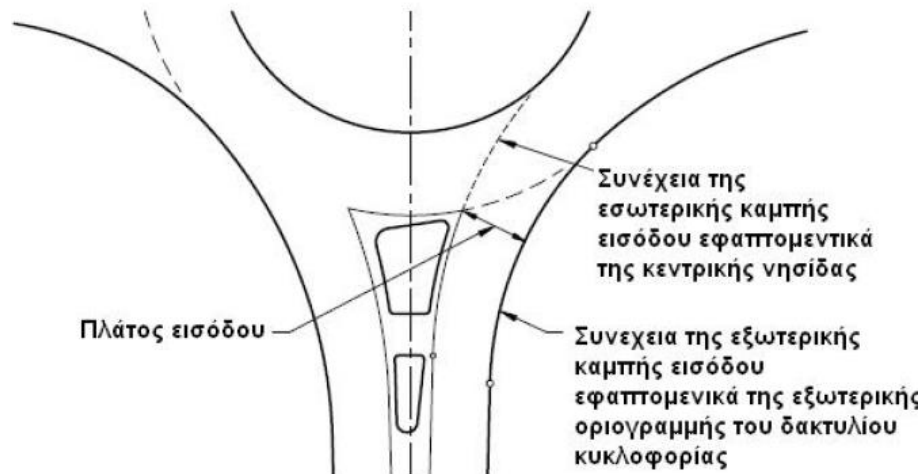
Παράδειγμα σχεδιασμού δεξιάς εισόδου με βάση τις αμερικάνικες οδηγίες, δίδεται στο Σχήμα 5.25.



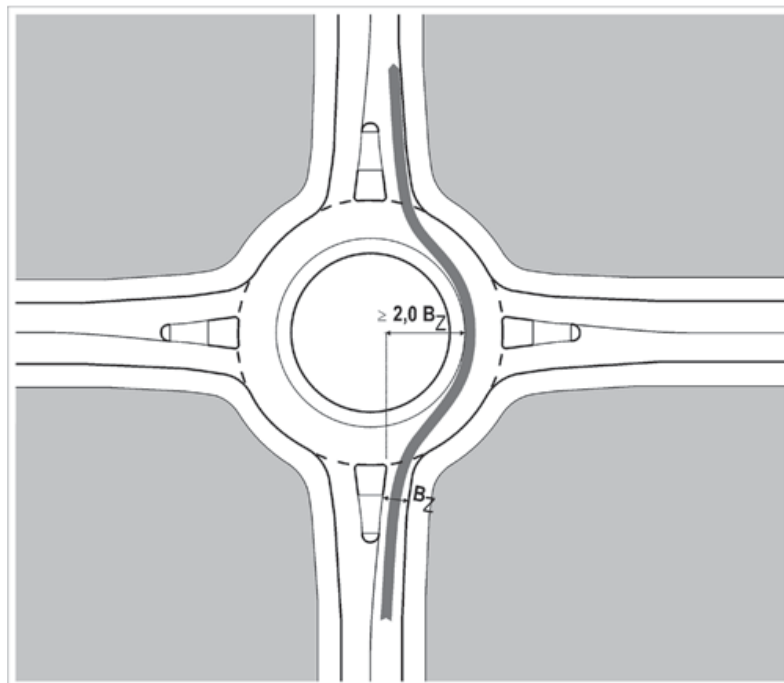
Σχήμα 5.25. Σχεδιασμός δεξιάς εισόδου με βάση τις αμερικάνικες οδηγίες [13].

Προκειμένου η είσοδος του οχήματος στον κυκλικό κόμβο να είναι ομαλή, δεν αρκεί μόνο ο σχεδιασμός, μέσω της ακτίνας εισόδου, της εκτροπής της δεξιάς οριογραμμής της λωρίδας κυκλοφορίας, αλλά απαιτείται και η συνέχεια της εσωτερικής οριογραμμής της λωρίδας εισόδου να εφάπτεται στην αντίστοιχη εσωτερική οριογραμμή της λωρίδας του κυκλικού δακτυλίου (Σχήμα 5.26α).

Στις Γερμανικές οδηγίες (FGSV, 2006), προκειμένου ο οδηγός να αντιλαμβάνεται καλύτερα την είσοδο του οχήματος στον κυκλικό κόμβο ως προς την απαίτηση μείωσης της ταχύτητάς του, μεταξύ των εσωτερικών λωρίδων καθοδήγησης της περιοχής εισόδου και του κυκλικού δακτυλίου, απαιτείται η εφαρμογή ελάχιστης εκτροπής (Σχήμα 5.26β).



(α) η συνέχεια της εσωτερικής οριογραμμής εφάπτεται στην αντίστοιχη εσωτερική οριογραμμή της λωρίδας του κυκλικού δακτυλίου [13]



(β) ελάχιστη απαίτηση εκτροπής μεταξύ των εσωτερικών λωρίδων καθοδήγησης της περιοχής εισόδου και του κυκλικού δακτυλίου [14]

Σχήμα 5.26(α,β). Σχεδιασμός περιοχής εισόδου.

5.4.5 Σχεδιασμός Εξόδου

Προκειμένου να αποφεύγονται καθυστερήσεις, γενικά ο σχεδιασμός της περιοχής εξόδου γίνεται με μεγαλύτερες ακτίνες. Αυτή η θεώρηση πρέπει να αντιμετωπίζεται με επιφύλαξη στην περίπτωση ύπαρξης διαβάσεων πεζών - ποδηλάτων (αστικοί κόμβοι) όπου πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου οι ταχύτητες εξόδου να είναι σχετικά μικρές. Τόσο το εύρος οδοστρώματος στην περιοχή εξόδου, όσο και οι αντίστοιχες ακτίνες εξαρτώνται από τον τύπο του κόμβου αλλά και το όχημα σχεδιασμού.

5.4.5.1 Εύρος Οδοστρώματος Εξόδου

Τα πλάτη των λωρίδων κυκλοφορίας στις αμερικάνικες οδηγίες δεν μεταβάλλονται σε σχέση με την περιοχή εισόδου. Στις αντίστοιχες Γερμανικές οδηγίες το πλάτος της μίας και μοναδικής λωρίδας εξόδου είναι λίγο πιο αυξημένο σε σχέση με την περιοχή εισόδου, ενώ υπάρχει και πάλι η διάκριση μεταξύ αστικού και υπεραστικού περιβάλλοντος.

Στον Πίνακα 5.7, δίδονται οι σχετικές τυπικές τιμές με βάση τις Αμερικάνικες και Γερμανικές οδηγίες.

Εύρος Οδοστρώματος Εξόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	4.20 – 5.50	3.50 – 4.00 (αστικός) 3.75 – 4.50 (υπεραστικός)
2 ⁺ Λωρίδων (m/λωρίδα)	3.70 – 4.60	3.50 – 4.00 (αστικός) 3.75 – 4.50 (υπεραστικός)

Σημείωση. Το εύρος οδοστρώματος δεν περιλαμβάνει το πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης.

Πίνακας 5.7. Εύρος οδοστρώματος εξόδου.

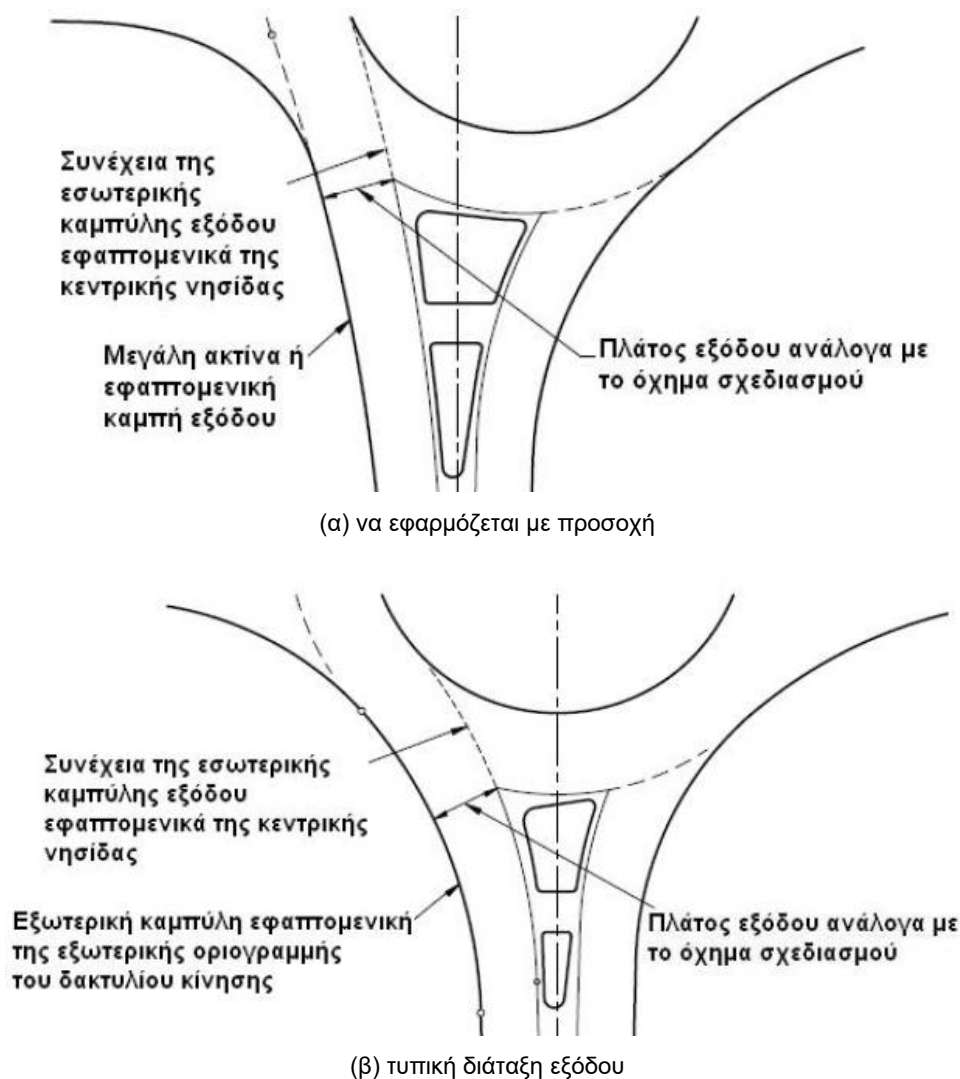
5.4.5.2 Ακτίνες Εξόδου

Οι τιμές των ακτίνων εξόδου για τις Αμερικάνικες και Γερμανικές οδηγίες δίδονται στον Πίνακα 5.8.

Ακτίνες Εξόδου (m)		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός” - “Τυπικός” 1 Λωρίδας	30 – 60 ή R≈250	8 – 10 (μικρός) 12 – 16 (αστικός) 16 – 18 (υπεραστικός)
2 ⁺ Λωρίδων	μεγαλύτερες από αντίστοιχες εισόδου	16 – 18

Πίνακας 5.8. Ακτίνες εξόδου.

Η εξωτερική καμπύλη εξόδου, σχεδιάζεται εφάπτομενικά στην εξωτερική οριογραμμή της κυκλικής λωρίδας κυκλοφορίας και ταυτόχρονα η συνέχεια της εσωτερικής οριογραμμής εξόδου εφάπτεται στην αντίστοιχη εσωτερική οριογραμμή της λωρίδας του κυκλικού δακτυλίου [Σχήμα 5.27(α,β)].



Σχήμα 5.27(α,β). Σχεδιασμός περιοχής εξόδου [13].

5.4.6 Κατευθυντήριες – Διαχωριστικές Νησίδες

Οι νησίδες διαχωρίζουν και καθοδηγούν τα οχήματα στις περιοχές εισόδου – εξόδου του κυκλικού κόμβου και υποβοηθούν στον έλεγχο της ταχύτητάς τους. Οι νησίδες διαχωρίζονται στους εξής τύπους:

- Υπερυψωμένες
 - παροχή προστασίας σε πεζούς – ποδηλάτες
- Με διαγράμμιση

Ο τύπος κατευθυντήριων – διαχωριστικών νησίδων, ως προς τον τύπο του κυκλικού κόμβου, με βάση τις Γερμανικές και Αμερικάνικες οδηγίες, φαίνεται στον Πίνακα 5.9.

Σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες, σε σημεία διάβασης πεζών και ποδηλάτων, οι νησίδες πρέπει να έχουν εύρος τουλάχιστον 2.50m, ενώ στην αντίθετη περίπτωση τουλάχιστον 1.60m. Στις Αμερικάνικες οδηγίες, συστήνεται σε κάθε περίπτωση ελάχιστο εύρος 1.80m, ενώ στους “μικρούς” κυκλικούς κόμβους, ορίζεται ως ελάχιστη επιφάνεια τα 4.50m².

Το μήκος σχεδιασμού των νησίδων αναφέρεται μόνο στις Αμερικάνικες οδηγίες, όπου κατ’ ελάχιστο προβλέπονται 15m, ενώ το προτεινόμενο – επιθυμητό μήκος είναι της τάξης των 30m.

Κατευθυντήριες – Διαχωριστικές Νησίδες		
Τύπος Κυκλικού Κόμβου	NCHRP (2010)	FGSV (2006)
“Μικρός”	υποχρεωτικά υπερυψωμένες ή με διαγράμμιση	προαιρετικά
Όλοι οι υπόλοιποι	υποχρεωτικά υπερυψωμένες	υποχρεωτικά υπερυψωμένες ή με διαγράμμιση

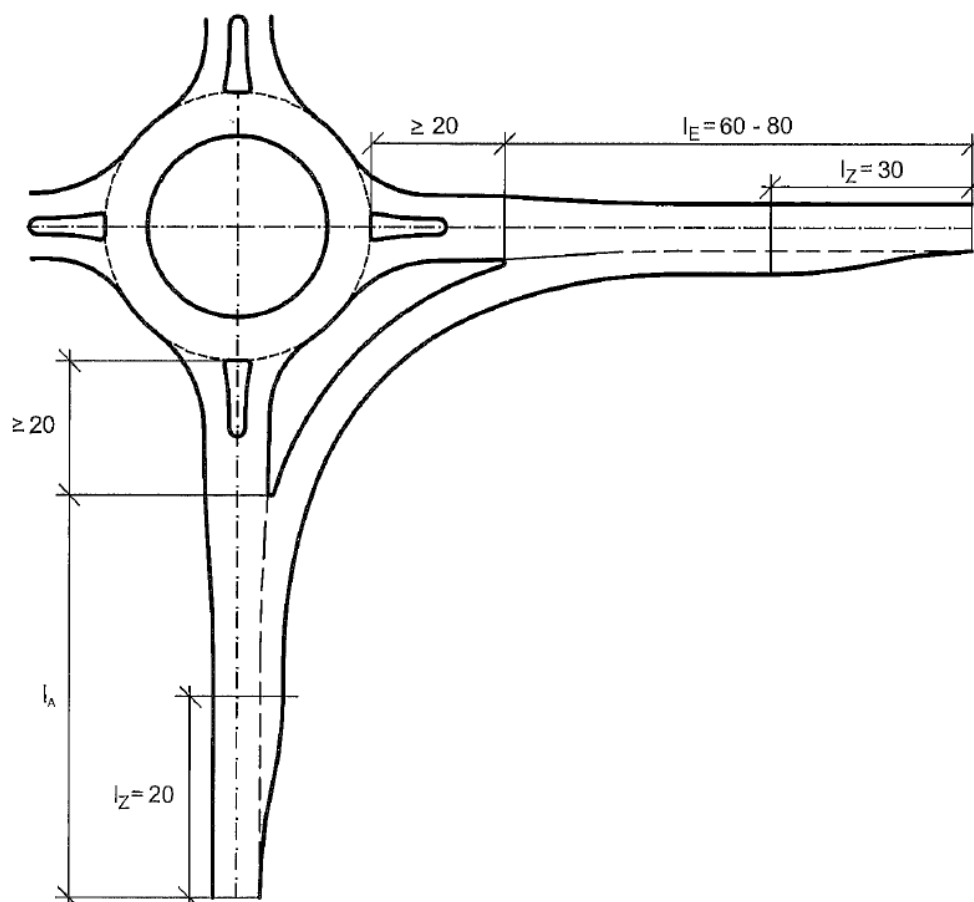
Πίνακας 5.9. Όρια εφαρμογής κατευθυντήριων – διαχωριστικών νησίδων.

5.4.7 Παρακαμπτήριες Λωρίδες

Οι παρακαμπτήριες λωρίδες (by-pass lanes), αφορούν σε απευθείας δεξιόστροφη κίνηση χωρίς είσοδο στον κυκλικό κόμβο. Εφαρμόζονται στην περίπτωση κατά την οποία οι κυκλοφοριακοί φόρτοι της δεξιόστροφης κίνησης εισόδου είναι αυξημένοι και δύνανται να υποβαθμίσουν την κυκλοφοριακή ικανότητα του κυκλικού κόμβου.

Οι παρακαμπτήριες λωρίδες προβλέπονται και στις δύο εθνικές οδηγίες σχεδιασμού. Σε ό,τι αφορά στους “τυπικούς” κόμβους μιας λωρίδας, αποτελούν ικανοποιητική λύση προκειμένου να αποφευχθεί, τουλάχιστον μεσοπρόθεσμα, αναβάθμισή τους σε δύο λωρίδες.

Στο Σχήμα 5.28 φαίνονται οι απαραίτητες συναρμογές κατά το σχεδιασμό παρακαμπτήριων λωρίδων με βάση τις Γερμανικές οδηγίες. Ως πλάτος λωρίδας, εφαρμόζεται 5.50m με εκατέρωθεν λωρίδες καθοδήγησης πλάτους 0.25m, ενώ στην περιοχή των λωρίδων επιτάχυνσης – επιβράδυνσης, το πλάτος της λωρίδας είναι 3.50m με εξωτερική λωρίδα καθοδήγησης 0.50m.



Σημείωση. l_Z : διεύρυνση, l_A : λωρίδα επιβράδυνσης, l_E : λωρίδα επιτάχυνσης.

Το μήκος επιβράδυνσης l_A προκύπτει με βάση τον αντίστοιχο τύπο δεξιάς στροφής εξόδου.

Σχήμα 5.28. Παρακαμπτήρια λωρίδα σε κυκλικό κόμβο [20].

Στο Σχήμα 5.29 φαίνεται τρισκελής υπεραστικός κυκλικός κόμβος με τρεις παρακαμπτήριες λωρίδες (by-pass lanes),



Σχήμα 5.29. Παρακαμπτήριες λωρίδες σε τρισκελή υπεραστικό κυκλικό κόμβο [31].

5.5 Λειτουργική Ανάλυση

5.5.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου πρέπει να συνοδεύεται από λεπτομερή εκτίμηση της αναμενόμενης απόδοσής του σε επίπεδο λειτουργίας. Δηλαδή απαιτείται η εκτίμηση του επιπέδου εξυπηρέτησης σε έτος λειτουργίας το οποίο είναι συνήθως το 20ο έτος από την έναρξη λειτουργίας του κόμβου (“έτος στόχος”). Αυτό βέβαια δεν αναιρεί την υποχρέωση παρακολούθησης της λειτουργίας του ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να αξιολογείται ενδεχόμενη αναγκαιότητα πρόσθετων παρεμβάσεων.

Η διαδικασία λειτουργικής ανάλυσης ενός κυκλικού κόμβου για το “έτος στόχο”, προϋποθέτει τον προσδιορισμό των εκτιμώμενων φόρτων και επιπλέον για κάθε πρόσβαση του κόμβου τα εξής μεγέθη:

- Χωρητικότητα εισόδου η οποία εξαρτάται από
 - ο τη γεωμετρία κόμβου
 - ο το μέγεθος των διασταυρούμενων φόρτων εντός του δακτυλίου
 - ο το χωρικό διαχωρισμό των οχημάτων
- Λόγο εξυπηρετούμενου φόρτου προς χωρητικότητα όπου
 - ο γενικά δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.85
 - ο τιμές μεγαλύτερες του 0.85 είναι αποδεκτές σε ειδικές περιπτώσεις (πχ. σε περιοχές χωροθέτησης κόμβων σε μικρές αποστάσεις)
- Μέση καθυστέρηση
- Επίπεδο εξυπηρέτησης
- Μήκος ουράς (για το 95% των περιπτώσεων)

Στα εδάφια που ακολουθούν περιγράφονται οι βασικές αρχές λειτουργικής ανάλυσης κυκλικού κόμβου με βάση τις Αμερικάνικες οδηγίες [13].

5.5.2 Εκτιμώμενοι Κυκλοφοριακοί Φόρτοι

Η συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων για κυκλικούς κόμβους γίνεται με παρόμοιο τρόπο με την περίπτωση ισόπεδων κόμβων. Συλλέγονται φόρτοι στρεφουσών κινήσεων ανά κλάδο πρόσβασης και μετατρέπονται σε μονάδες επιβατηγών αυτοκινήτων (ΜΕΑ), ανάλογα με το ποσοστό κίνησης βαρέων οχημάτων όπου λαμβάνεται υπόψη και ο συντελεστής ωριαίας αιχμής (ΣΩΑ).

Έτσι ισχύει:

$$V_i = \frac{V_j}{\Sigma \Omega A} \quad (5.1)$$

$$V_{i,ME\Delta} = \frac{V_i}{f_{HV}} \quad (5.2)$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} \quad (5.3)$$

όπου:

V_j : μετρούμενος φόρτος (οχ/h)

V_i : ωριαίος φόρτος (οχ/h)

ΣΩΑ: Συντελεστής Ωριαίας Αιχμής

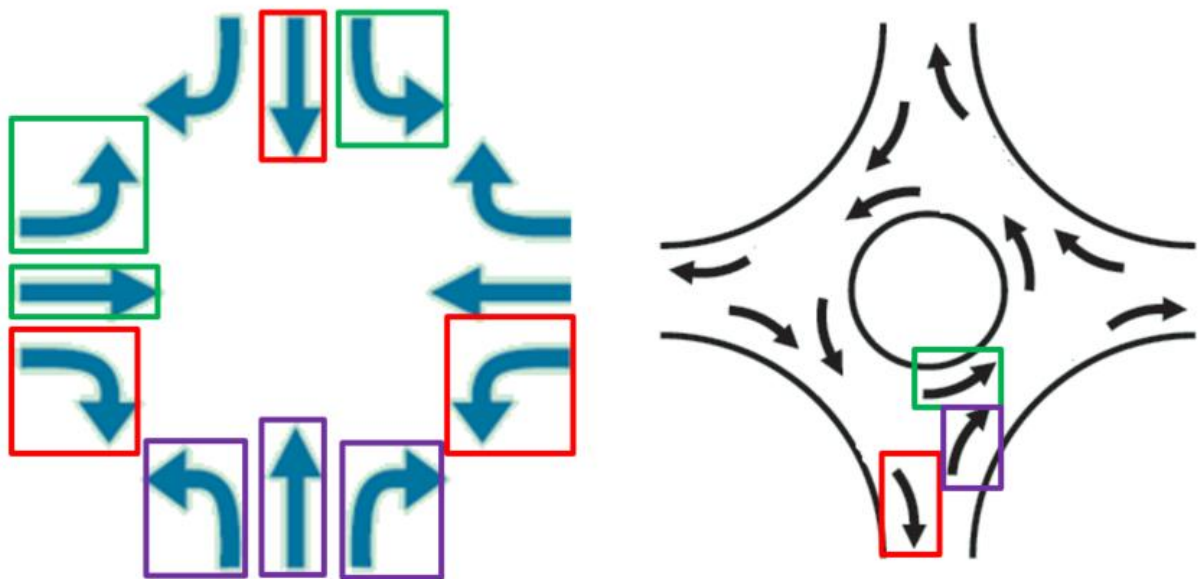
f_{HV} : συντελεστής βαρέων οχημάτων

P_T : ποσοστό βαρέων οχημάτων (%/100)

E_T : αντιστοιχία βαρέων οχημάτων με ΜΕΑ (συνήθως $E_T=2$)

Βασική προϋπόθεση για τον καθορισμό των φόρτων στις περιοχές εισόδου, εξόδου και κυκλοφορίας μέσα στο δακτύλιο, είναι η αντιστοίχιση των στρεφουσών κινήσεων επί του κυκλικού κόμβου.

Στο Σχήμα 5.30 δίδεται παράδειγμα αντιστοίχισης των κατάντη στρεφουσών κινήσεων τετρασκελή κυκλικού κόμβου ως προς αντίστοιχο ισόπεδο. Με ανάλογο σκεπτικό προκύπτει η αντιστοίχιση των κινήσεων και στις υπόλοιπες περιοχές εισόδου/εξόδου του κυκλικού κόμβου.



Σχήμα 5.30. Αντιστοίχιση κατάντη στρεφουσών κινήσεων τετρασκελή κυκλικού κόμβου ως προς αντίστοιχο ισόπεδο.

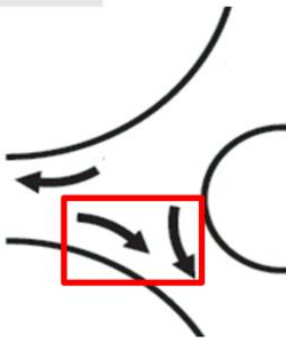
5.5.3 Χωρητικότητα

Η χωρητικότητα (κυκλοφοριακή ικανότητα) ενός κυκλικού κόμβου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πλήθος των κινούμενων οχημάτων επί του δακτυλίου στις περιοχές εισόδου, δεδομένου ότι η αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων επί του δακτυλίου μειώνει τη δυνατότητα εισόδου οχημάτων στον κυκλικό κόμβο. Αυτός είναι και ο λόγος άλλωστε που επιβάλλεται προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνται εντός του δακτυλίου.

Είναι επίσης σαφές ότι ο υπολογισμός της χωρητικότητας πρέπει να γίνεται ξεχωριστά για κάθε πρόσβαση στον κυκλικό κόμβο και μάλιστα ανά λωρίδα για κάθε συνδυασμό αριθμού λωρίδων πρόσβασης και κίνησης στο δακτύλιο.

Με βάση εμπειρικές προσεγγίσεις που αφορούν στον καθορισμό του πλήθους των λωρίδων στην περιοχή εισόδου ενός κυκλικού κόμβου, όταν το άθροισμα των φόρτων πρόσβασης και κυκλοφορίας επί του δακτυλίου (επερχόμενη κυκλοφορία) είναι μικρότερο από 1000 οχη/ώρα, γενικά ο σχεδιασμός μιας λωρίδας πρόσβασης θεωρείται ικανοποιητικός. Στο Πίνακα 5.10 φαίνεται σε επίπεδο αρχικής εκτίμησης, η συσχέτιση μεταξύ φόρτου διασταυρωνόμενων κινήσεων και απαιτούμενου αριθμού λωρίδων εισόδου.

Φόρτος Διασταυρωνόμενων Κινήσεων (οχη/ώρα)	Απαιτηση Λωρίδων Εισόδου
0 – 1000	μία λωρίδα
	δύο λωρίδες
1000 - 1300	μία λωρίδα
1300 - 1800	δύο λωρίδες
	> δύο λωρίδες
> 1800	περαιτέρω διερεύνηση



Πίνακας 5.10. Συσχέτιση κυκλοφοριακού φόρτου και πλήθους λωρίδων εισόδου [7].

Στις εξισώσεις που έπονται, εκφράζεται η χωρητικότητα, ανά λωρίδα πρόσβασης, σε κυκλικούς κόμβους έως δύο λωρίδων κυκλοφορίας, η οποία έχει προκύψει με βάση μετρήσεις και αντίστοιχη επεξεργασία.

Ανά περίπτωση λοιπόν είναι:

Μία ή οποιαδήποτε από δύο λωρίδες πρόσβασης και μία λωρίδα επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο:

$$c_{e,pce} = 1130e^{[(-1.0 \times 10^{-3})v_{c,pce}]} \quad (5.4)$$

όπου:

$c_{e,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας πρόσβασης (ΜΕΑ/ώρα)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (ΜΕΑ/ώρα)

Στην περίπτωση μίας λωρίδας πρόσβασης και δύο λωρίδων επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο:

$$c_{e,pce} = 1130e^{[(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,pce}]} \quad (5.5)$$

όπου:

$c_{e,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας πρόσβασης (ΜΕΑ/ώρα)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (ΜΕΑ/ώρα)

Στην περίπτωση δύο λωρίδων πρόσβασης και δύο λωρίδων επερχόμενης κυκλοφορίας στο δακτύλιο οι εξισώσεις για τη δεξιά και αριστερή λωρίδα έχουν ως εξής :

$$C_{e,R,pce} = 1130e^{[-0.7 \times 10^{-3} v_{c,pce}]} \quad (5.6)$$

$$C_{e,L,pce} = 1130e^{[-0.75 \times 10^{-3} v_{c,pce}]} \quad (5.7)$$

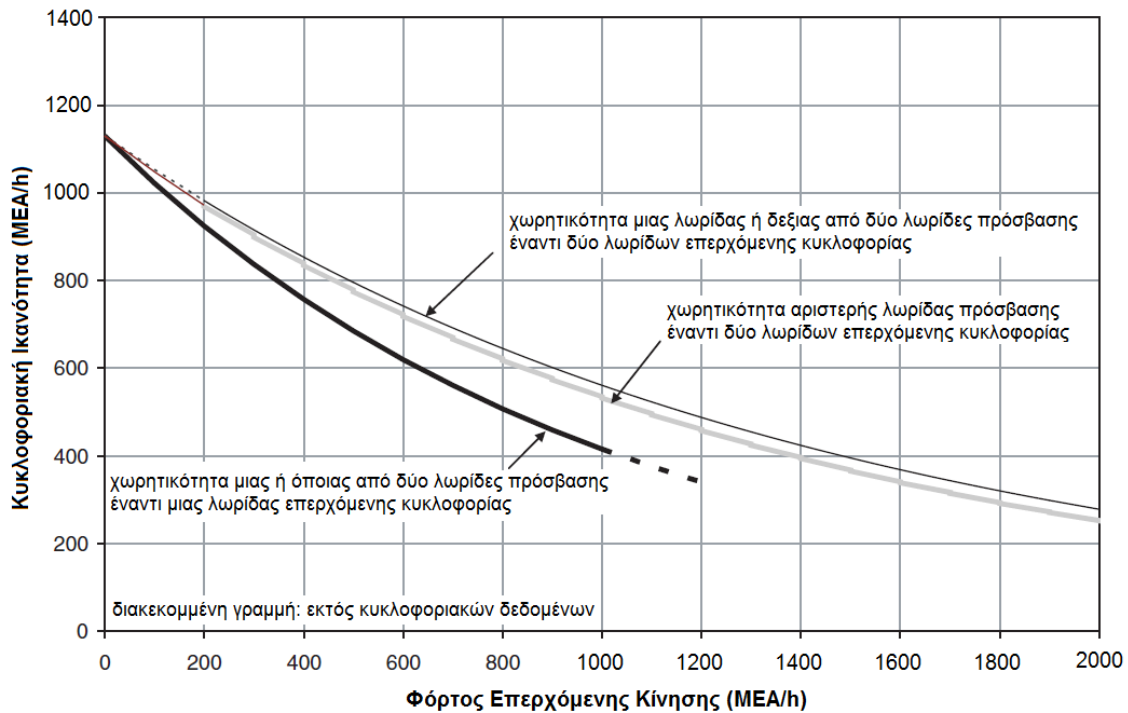
όπου:

$C_{e,R,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα δεξιάς λωρίδας πρόσβασης (ΜΕΑ/h)

$C_{e,L,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα αριστερής λωρίδας πρόσβασης (ΜΕΑ/h)

$v_{c,pce}$: φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας (ΜΕΑ/h)

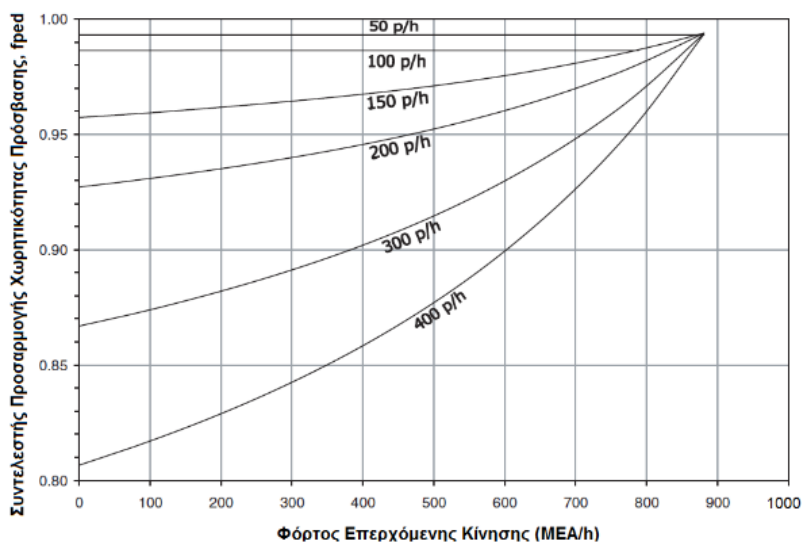
Στο Σχήμα 5.31 απεικονίζονται γραφικά οι παραπάνω σχέσεις χωρητικότητας σε κυκλικούς κόμβους έως δύο λωρίδων κυκλοφορίας και ανά λωρίδα πρόσβασης.



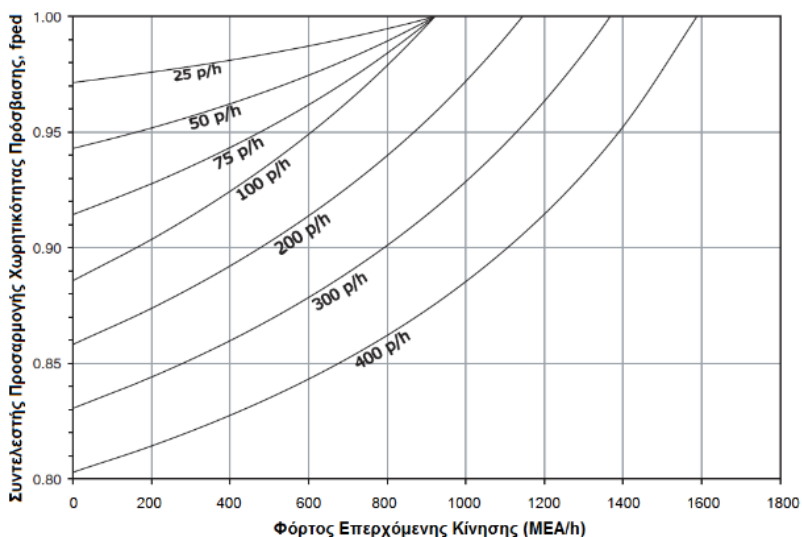
Σχήμα 5.31. Κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδων πρόσβασης σε κυκλικό κόμβο [13].

Η επιρροή της παρουσίας πεζών στην κυκλοφοριακή ικανότητα των λωρίδων πρόσβασης, γίνεται με βάση σχετικούς συντελεστές οι οποίοι απεικονίζονται στο Σχήμα 5.32(α,β) και θεωρώντας ότι σε κάθε περίπτωση οι πεζοί έχουν προτεραιότητα.

Οι συντελεστές αυτοί επιφέρουν μείωση στην υπολογισθείσα, χωρίς την παρουσία πεζών, χωρητικότητα των λωρίδων πρόσβασης και εξαρτώνται από τους φόρτους πεζών, το φόρτο της επερχόμενης κυκλοφορίας καθώς και το πλήθος των λωρίδων πρόσβασης.



(α) 1 λωρίδα πρόσβασης



(β) 2 λωρίδες πρόσβασης

Σημείωση. p/h: πεζοί/ώρα.

Σχήμα 5.32(α,β). Συντελεστής προσαρμογής χωρητικότητας μιας και δύο αντίστοιχα λωρίδων πρόσβασης ως προς τους φόρτους πεζών και επερχόμενης κυκλικής κίνησης [13].

Στην περίπτωση ύπαρξης αποκλειστικών λωρίδων δεξιάς στροφής, τα δεξιά στρέφοντα οχήματα παρακάμπτουν τη λωρίδα/λωρίδες πρόσβασης προς τον κυκλικό κόμβο και η όποια εμπλοκή αναμένεται στην περιοχή εξόδου του επόμενου κλάδου. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις όπου η δεξιόστροφη κίνηση:

- συγχωνεύεται με την κύρια ροή εξόδου του επόμενου κλάδου δια μέσου λωρίδας επιτάχυνσης και στην οποία η σχετική ανάλυση αφορά κλασική περίπτωση συγχώνευσης λωρίδων
- τερματίζει πάνω στον επόμενο κλάδο στον οποίο η συγχώνευση γίνεται στην περιοχή αρχής της εξόδου και ανάλογα με το πλήθος των λωρίδων εξόδου είναι:

- ο λωρίδα δεξιάς στροφής έναντι μιας λωρίδας στον επόμενο κλάδο

$$C_{\text{bypass,pce}} = 1130e^{[(-1.0 \times 10^{-3})v_{\text{ex,pce}}]} \quad (5.8)$$

- ο λωρίδα δεξιάς στροφής έναντι δύο λωρίδων στον επόμενο κλάδο

$$C_{\text{bypass,pce}} = 1130e^{[(-0.7 \times 10^{-3})v_{\text{ex,pce}}]} \quad (5.9)$$

όπου:

$C_{bypass,pce}$: κυκλοφοριακή ικανότητα αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής (ΜΕΑ/h)
 $V_{ex,pce}$: φόρτος εξόδου επόμενου κλάδο (ΜΕΑ/h)

5.5.4 Λόγος Εξυπηρετούμενου Φόρτου προς Χωρητικότητα

Ως μέσο αξιολόγησης του κόμβου κυκλικής κίνησης χρησιμοποιείται ο λόγος του εξυπηρετούμενου φόρτου προς τη χωρητικότητα. Έτσι για κάθε λωρίδα πρόσβασης πρέπει να υπολογίζεται ο λόγος x ως εξής:

$$x = \frac{v}{c} \quad (5.10)$$

όπου:

x : λόγος φόρτου προς χωρητικότητα λωρίδας

v : φόρτος λωρίδας (ΜΕΑ/h)

c : κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (ΜΕΑ/h)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για τιμές του x έως 0.85, γενικά δεν αναμένονται σημαντικά προβλήματα λειτουργίας του κόμβου κυκλικής κίνησης. Όσον αφορά σε τιμές του $x > 0.85$, απαιτείται ανάλυση ευαισθησίας προκειμένου να εκτιμηθεί κατά πόσο σχετικά μικρή επαύξηση του φόρτου επιφέρει τροποποιήσεις στις καθυστερήσεις και το σχηματισμό ουρών.

5.5.5 Εκτίμηση Καθυστερήσεων

Οι καθυστερήσεις κατά τη διέλευση από ένα ισόπεδο κόμβο γενικά, αποτελούν μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους αξιολόγησης της απόδοσης της διάταξης. Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι η διαδικασία πρόβλεψης καθυστερήσεων σε κόμβους κυκλικής κίνησης είναι παρόμοια με αυτή των μη σηματοδοτούμενων ισόπεδων κόμβων.

Η καθυστέρηση που ενδιαφέρει στον κυκλικό κόμβο είναι η συνολική καθυστέρηση, λόγω της παρουσίας κανόνων προτεραιότητας και συγκεκριμένης γεωμετρίας. Σ' αυτό το χρόνο περιλαμβάνεται το άθροισμα των επιπλέον χρόνων σε σχέση με συνθήκες ελεύθερης ροής, ώστε το όχημα να επιβραδύνει για την αναμονή στην ουρά, να παραμείνει στην ουρά μέχρι να έρθει η σειρά του να εισέλθει στον κυκλικό κόμβο, αναμένοντας αποδεκτό διάκενο στην επερχόμενη κίνηση, και να επιταχύνει.

Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται γενικά ως εξής:

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[\left| \frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)v}{450T}} \right| + 5 \min\left[\frac{v}{c}, 1\right] \right] \quad (5.11)$$

όπου:

d : μέση ολική καθυστέρηση (sec/οχ)

c : κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (οχ/h)

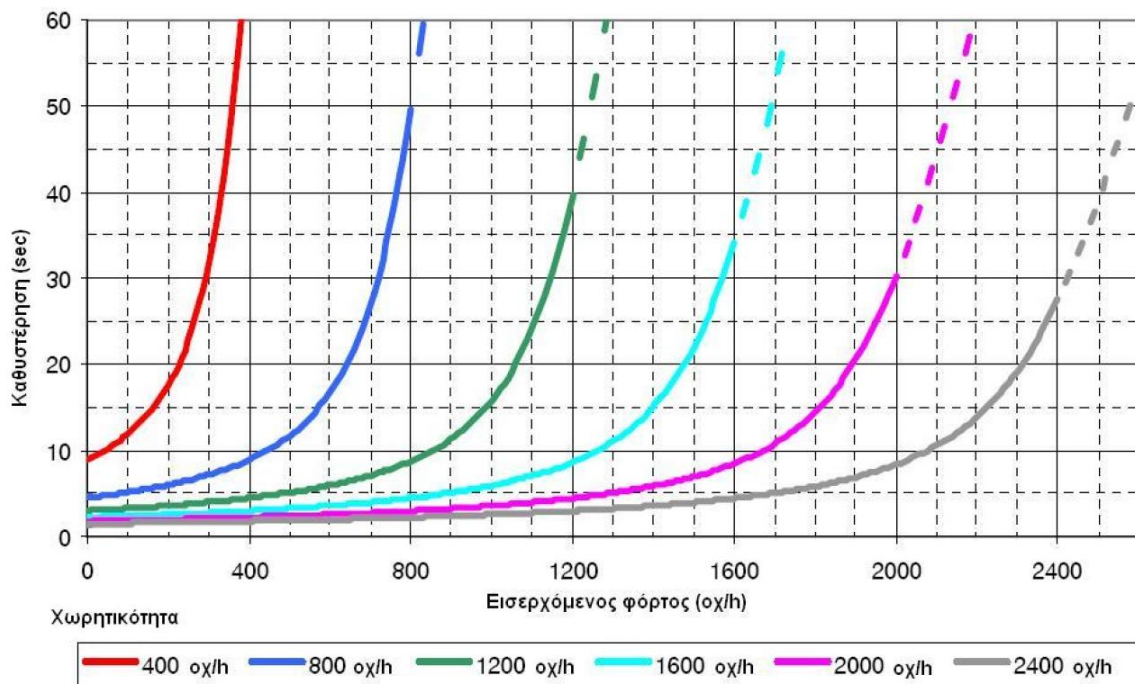
v : φόρτος λωρίδας (οχ/h)

T : 0.25h [χρονική περίοδος ανάλυσης 15min]

Η μέση ολική καθυστέρηση αφορά sec/οχήματα (sec/οχ) και όχι sec/ΜΕΑ, δεδομένου ότι η παρουσία βαρέων οχημάτων αντιμετωπίζεται ξεχωριστά.

Στην περίπτωση κατά την οποία ο λόγος του φόρτου προς χωρητικότητα λωρίδας είναι κοντά στη μονάδα (>0.90), τα αποτελέσματα της παραπάνω εξίσωσης δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα και η ακρίβεια είναι συνάρτηση της περιόδου ανάλυσης. Γενικά συνιστάται η περίοδος ανάλυσης να είναι 15min.

Στο Σχήμα 5.33, απεικονίζονται οι καθυστερήσεις που αναμένονται ανά λωρίδα πρόσβασης ως προς τον εισερχόμενο φόρτο και τη χωρητικότητα.



Σχήμα 5.33. Αναμενόμενες καθυστερήσεις ανά λωρίδα πρόσβασης [13].

Προκειμένου να είναι δυνατή η συσχέτιση των καθυστερήσεων με άλλους τύπους ισόπεδων κόμβων, υπολογίζεται η καθυστέρηση ανά πρόσβαση ως σταθμισμένος μέσος των καθυστερήσεων των λωρίδων της, με βάση τους φόρτους τους. Στον υπολογισμό αυτό συμμετέχει και η πιθανή ύπαρξη αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής. Έτσι η καθυστέρηση ανά πρόσβαση είναι:

$$d_{\text{πρόσβασης}} = \frac{d_{LL}v_{LL} + d_{RL}v_{RL} + d_{\text{Bypass}}v_{\text{Bypass}}}{v_{LL} + v_{RL} + v_{\text{Bypass}}} \quad (5.12)$$

όπου:

$d_{\text{πρόσβασης}}$: καθυστέρηση πρόσβασης (sec/οχή)

d_i : καθυστέρηση λωρίδας (sec/οχή)

v_i : φόρτος λωρίδας (οχή/ω)

LL : αριστερή λωρίδα

RL : δεξιά λωρίδα

Bypass : αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής

Ανάλογα υπολογίζεται η καθυστέρηση του κόμβου συνολικά, σταθμίζοντας τις καθυστερήσεις των προσβάσεων ανάλογα με τους συνολικούς φόρτους σε αυτές. Έτσι η συνολική αναμενόμενη καθυστέρηση στον κόμβο είναι:

$$d_{\text{κόμβου}} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad (5.14)$$

όπου:

$d_{\text{κόμβου}}$: καθυστέρηση κόμβου (sec/οχή)

d_i : καθυστέρηση πρόσβασης (sec/οχή)

v_i : φόρτος πρόσβασης (οχή/ω)

5.5.6 Καθορισμός Επιπέδου Εξυπηρέτησης

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο λόγος φόρτου προς χωρητικότητα (v/c) δεν υπερβαίνει τη μονάδα, η συνολική καθυστέρηση χρησιμεύει στον καθορισμό του επιπέδου εξυπηρέτησης. Η αντιστοίχιση καθυστερήσεων και επιπέδου εξυπηρέτησης, η οποία είναι η ίδια και στους μη σηματοδοτούμενους ισόπεδους κόμβους, φαίνεται στον Πίνακα 5.11.

Συνολική Καθυστερήση (sec/veh)	Επίπεδο Εξυπηρέτησης	
	v/c≤1.0	v/c>1.0
0 - 10	A	F
>10 - 15	B	F
>15 - 25	C	F
>25 - 35	D	F
>35 - 45	E	F
>50	F	F

Πίνακας 5.11. Αντιστοίχιση καθυστερήσεων και επιπέδου εξυπηρέτησης [13].

5.5.7 Εκτίμηση Μήκους Ουρών

Όσον αφορά στην εκτίμηση των αναμενόμενων ουρών, χρησιμοποιούνται τα ίδια δεδομένα με αυτά στην περίπτωση των καθυστερήσεων. Η αναμενόμενη ουρά, η οποία προσδιορίζεται σε οχήματα, υπολογίζεται για το 95% των περιπτώσεων ως εξής:

$$Q_{95} = 900T \left[\frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{v}{c}\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)^2 \frac{v}{c}}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3600} \right) \quad (5.15)$$

όπου:

Q_{95} : ουρά που δεν υπερβαίνει το 95% των περιπτώσεων (οχ)

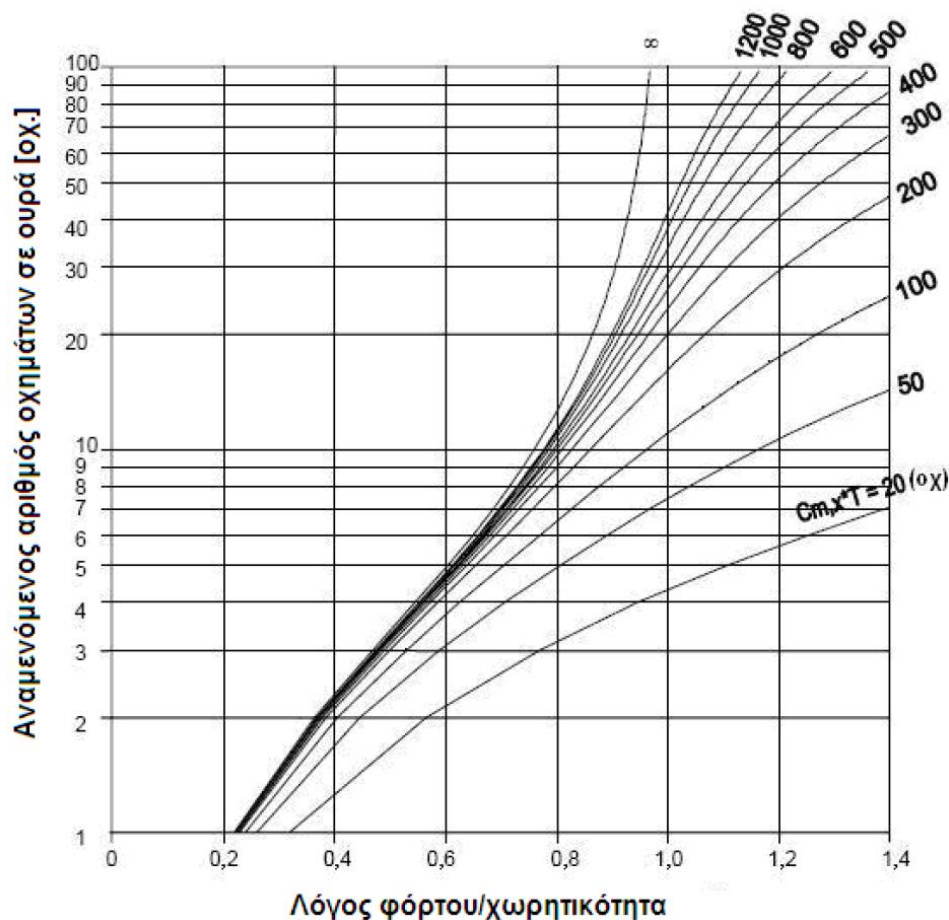
c : κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας (οχ/h)

v : φόρτος λωρίδας (οχ/h)

T : 0.25h [χρονική περίοδος ανάλυσης 15min]

Η εκτίμηση της αναμενόμενης ουράς αποτελεί βοηθητικό μέγεθος στο σχεδιασμό των προσβάσεων, αναδεικνύοντας τις περιπτώσεις που προκαλείται πρόβλημα με τις γειτονικές προσβάσεις καθώς και την αναγκαιότητα ή όχι σχεδιασμού αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής.

Στο Σχήμα 5.34 φαίνεται το μήκος ουράς ως προς τη χωρητικότητα και το λόγο φόρτου/χωρητικότητας. Οι καμπύλες ορίζονται ανά διαστήματα με βάση το γινόμενο της χωρητικότητας επί την περίοδο ανάλυσης ($T=0.25h$).



Σχήμα 5.34. Αναμενόμενος αριθμός οχημάτων σε ουρά [13].

Εφαρμογή

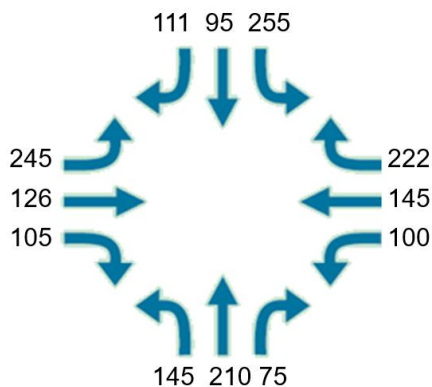
Τετρασκελής ισόπεδος κόμβος πρόκειται να μετατραπεί σε “τυπικό” κυκλικό κόμβο 1 λωρίδας κυκλοφορίας. Ζητείται η αξιολόγηση του επιπέδου εξυπηρέτησης του κυκλικού κόμβου.

Δίδονται:

Ποσοστό κίνησης βαρέων οχημάτων 2%

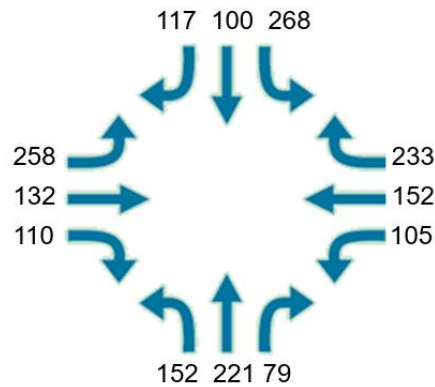
ΣΩΑ: 0.97

Φόρτοι στρεφουσών κινήσεων συμβατικού κόμβου (Σχήμα 5.35)



Σχήμα 5.35. Φόρτοι στρεφουσών κινήσεων συμβατικού κόμβου.

Με βάση την Εξίσωση (5.1), την Εξίσωση (5.2) και την Εξίσωση (5.3), οι φόρτοι σχεδιασμού σε ΜΕΑ, λαμβάνοντας υπόψη και τον ΣΩΑ δίδονται στο Σχήμα 5.36.



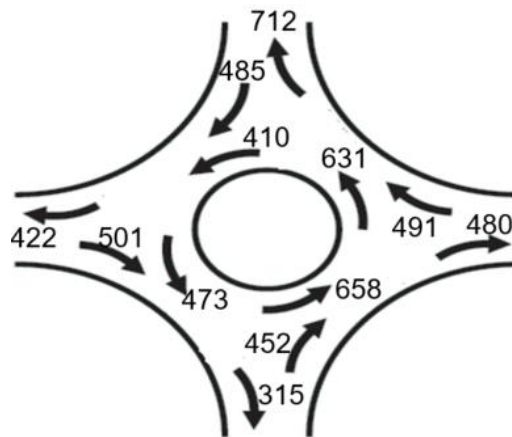
Σχήμα 5.36. Φόρτοι σχεδιασμού συμβατικού κόμβου.

Η αντιστοίχιση των φόρτων σχεδιασμού του συμβατικού κόμβου σε φόρτους σχεδιασμού σε κυκλικό κόμβο γίνεται με βάση το Σχήμα 5.30 και το Σχήμα 5.36.

Για παράδειγμα, στην ανατολική διεύθυνση του κυκλικού κόμβου ισχύει:

- φόρτος εξόδου
 $268 + 132 + 79 = 480 \text{ οχ/η}$
- φόρτος εισόδου
 $233 + 152 + 105 = 491 \text{ οχ/η}$
- φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας
 $152 + 221 + 258 = 631 \text{ οχ/η}$

Η συνολική αντιστοίχιση των φόρτων φαίνεται στο Σχήμα 5.37.



Σχήμα 5.37. Αντιστοίχιση των φόρτων σχεδιασμού του συμβατικού κόμβου σε κυκλικό κόμβο.

Στη συνέχεια ελέγχεται η χωρητικότητα σε κάθε πρόσβαση με βάση το Σχήμα 5.31 ή την Εξίσωση (5.4) και την Εξίσωση (5.10).

Για παράδειγμα, στην ανατολική πάλι διεύθυνση του κυκλικού κόμβου ισχύει:

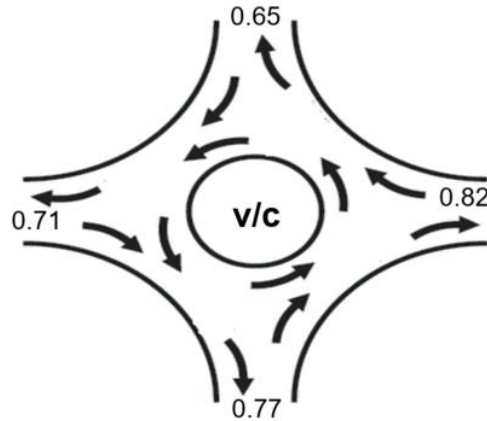
- φόρτος επερχόμενης κυκλοφορίας: 631 οχ/η
- φόρτος εισόδου: 491 οχ/η

$$c_{e,pce} = 1130e^{[-1.0 \times 10^{-3}]v_{c,pce}} = 601 \text{ οχ/η}$$

Άρα

$$x = \frac{491}{601} = 0.82$$

Η λόγος v/c ανά κλάδο πρόσβασης φαίνεται στο Σχήμα 5.38.



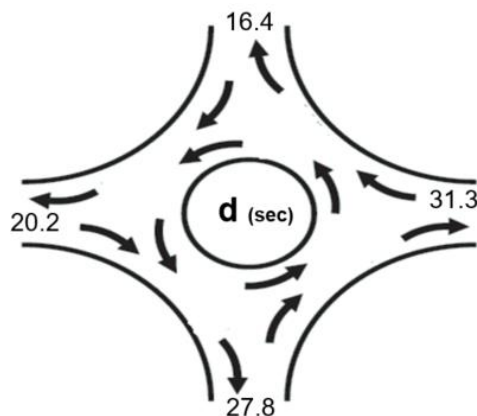
Σχήμα 5.38. Λόγος v/c ανά κλάδο πρόσβασης.

Στη συνέχεια προσδιορίζεται η καθυστέρηση σε κάθε πρόσβαση με βάση το Σχήμα 5.33 ή την Εξίσωση (5.11).

Για παράδειγμα, στην ανατολική πάλι διεύθυνση του κυκλικού κόμβου ισχύει:

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[\left| \frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)v}{450T}} \right| + 5 \min \left[\frac{v}{c}, 1 \right] \right] = 31.3 \text{ sec}$$

Οι καθυστερήσεις ανά κλάδο πρόσβασης φαίνονται στο Σχήμα 5.39.



Σχήμα 5.39. Καθυστερήσεις ανά κλάδο πρόσβασης.

Η συνολική καθυστέρηση του κόμβου δίνεται από την Εξίσωση (5.14):

$$d_{\text{κόμβου}} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} = 23.9 \text{ sec}$$

Άρα, με βάση τον Πίνακα 5.11 προκύπτει ότι το επίπεδο εξυπηρέτησης του κυκλικού κόμβου είναι C.

5.6 Κυκλικοί Κόμβοι Τύπου “Τούρμπο”

Η συνεχής βελτίωση στις πρακτικές σχεδίασης κυκλικών κόμβων έχει δείξει ότι μπορεί να συνδυαστεί ταυτόχρονα αυξημένη χωρητικότητα, παρόμοια με αυτή που εμφανίζουν οι κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων κυκλοφορίας και υψηλό επίπεδο ασφάλειας, όπως αυτό παρέχεται στους “τυπικούς” κυκλικούς κόμβους 1 λωρίδας.

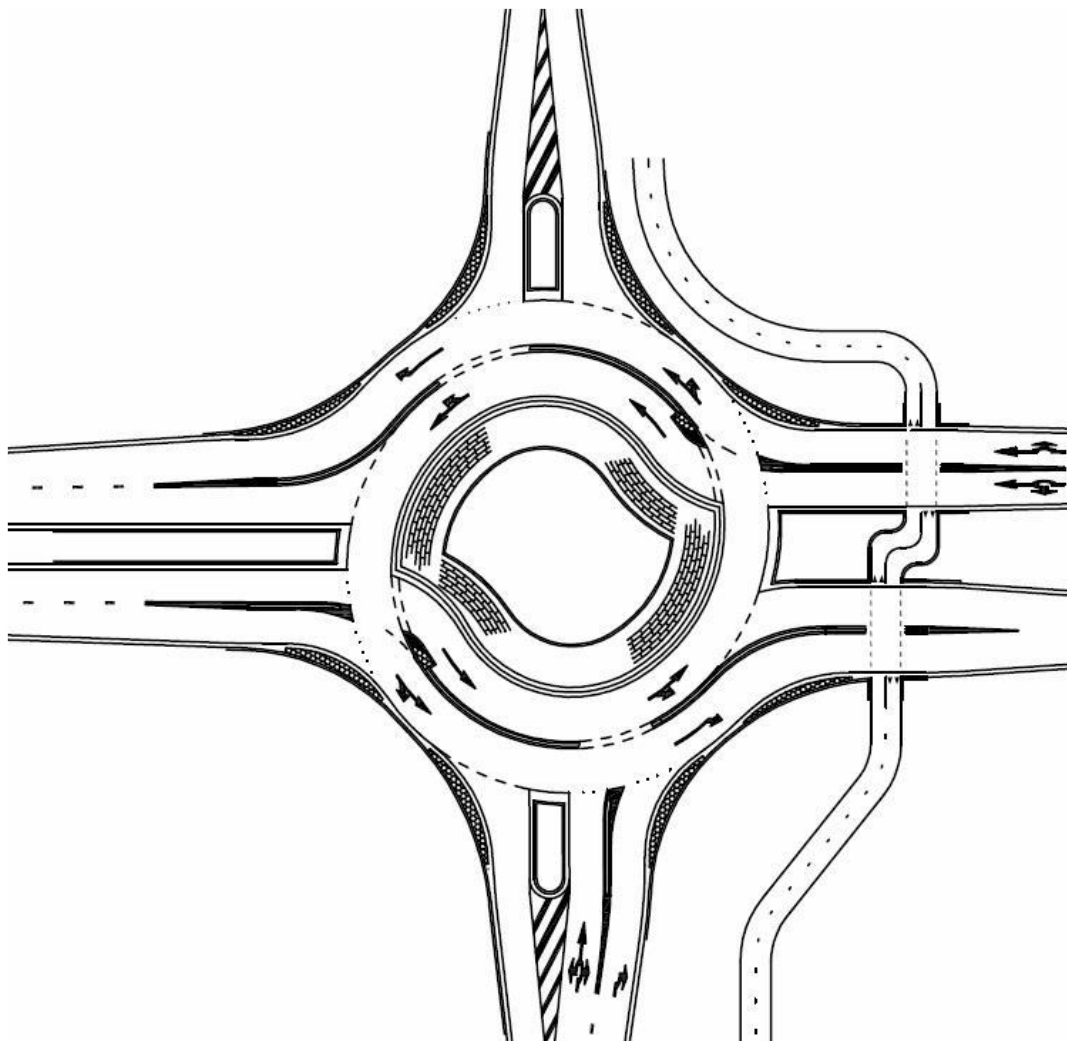
Αυτή η αντίληψη ξεκίνησε στην Ολλανδία και βασίζεται στη σπείρα του Αρχιμήδη, βάση της οποίας μεταβάλλεται η καμπυλότητα του κυκλικού δακτυλίου διατηρώντας όμως σταθερό πλάτος στις λωρίδες κυκλοφορίας (Σχήμα 5.40).

Η επιτυχία των κυκλικών κόμβων τύπου “τούρμπο” βασίζεται σε μια απλή αρχή σύμφωνα με την οποία οι οδηγοί πρέπει να επιλέξουν την έξοδο τους από τον κυκλικό κόμβο πριν εισέλθουν σε αυτόν, δεδομένου ότι είναι δύσκολη έως αδύνατη η αλλαγή λωρίδων εντός του σπειροειδούς δακτυλίου.

Ως αποτέλεσμα, κατά το γεωμετρικό σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων τύπου “τούρμπο” μειώνονται τα σημεία εμπλοκής, αυξάνεται η κυκλοφοριακή ικανότητα, ενώ οι ταχύτητες κίνησης είναι σχετικά χαμηλές.

Επιπλέον, στις Ολλανδικές οδηγίες, η εφαρμογή υπερυψωμένου διαχωρισμού μεταξύ των λωρίδων δεν επιτρέπει πλέξεις εντός του δακτυλίου. Αυτού του είδους η πρακτική δεν προβλέπεται στις Γερμανικές οδηγίες λόγω αυξημένης επικινδυνότητας στους μοτοσικλετιστές καθώς και κατά τη διάρκεια συντήρησης του κόμβου σε περιπτώσεις χιονοπτώσεων.

Στις Γερμανικές οδηγίες η εφαρμογή κυκλικών κόμβων τύπου “τούρμπο” προβλέπεται σε υπεραστικό περιβάλλον μόνο.



Σχήμα 5.40. Κυκλικός κόμβος τύπου “τούρμπο” [21].

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κανελλαΐδης Γ., Φ. Μερτζάνης, Γ. Γλαρός, Α. Δραγουμάνοβιτς, 2016. Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
2. Αντωνίου Κ., Ε. Παπαδημητρίου, 2012. Σημειώσεις Μαθήματος Σχεδιασμός – Μελέτη – Λειτουργία Κόμβων. Τομέας έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης. Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
3. Ψαριανός Β., Μ. Κονταράτος, 2000. Σημειώσεις Μαθήματος Σχεδιασμός – Μελέτη – Λειτουργία Κόμβων. Τομέας έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης. Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
4. Ed.German Road and Transportation Research Association, Committee, Geometric Design Standards, 2008. Guidelines for the Design of Freeways, (RAA), Germany.
5. Ed.German Road and Transportation Research Association, Committee, Geometric Design Standards, 2012. Guidelines for the Design of Rural Roads, (RAL), Germany.
6. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2018. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Fifth Edition. Washington, DC, USA.
7. Leisch J., J. Mason, 2005. Freeway and Interchange Geometric Design Handbook. Institute of Transportation Engineers. Publication No.TB-017, Washington, DC, USA.
8. Leaf, W. and D. Preusser, 1999. Literature Review on Vehicle Travel Speeds and Pedestrian Injuries. Final Report DOT HS 809 021. National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation, Washington DC, USA.
9. PIARC, Road Safety Manual, 2003. Recommendations from the World Road Association (PIARC).
10. Lamm R., B. Psarianos and T. Mailaender, 1999. Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, McGraw-Hill.
11. Natzschka H., 2014. Οδοποιία, Σχεδιασμός και Κατασκευή, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
12. Pietzsch W., 1976. Σχεδιασμός και Χάραξη Οδών, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Γκιούρδας.
13. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), 2010. Roundabouts: An Informational Guide. Report no 672, Second Edition. Transportation Research Board, Washington, DC, USA.
14. Brilon W., 2005. Roundabouts: A State of the Art in Germany. Transportation Research Circular E-C083, National Roundabout Conference, TRB, Vail, Colorado, USA.
15. Garder P., 1998. The Modern Roundabouts: The Sensible Alternative for Maine. Maine Department of Transportation, Bureau of Planning, Research and Community Services, Transportation Research Division, 1998.
16. Guichet B., 1997. Roundabouts in France: Development, Safety, Design, and Capacity. Proceedings of the 3rd International Symposium on Intersections without Traffic Signals, University of Idaho, Portland, Oregon, USA.
17. Bared, J. G. and K. Kennedy, 1999. Safety Impacts of Modern Roundabouts ITE Safety Toolbox, Institute of Transportation Engineers.
18. Nikou D., S. Vardaki, S. Mavromatis, G. Kanellaidis, 2015. Design Considerations of Modern Roundabouts. Proceedings of the 5th International Symposium on Highway Geometric Design TRB, Vancouver, Canada, 2015.
19. PIARC, 2003. Road Safety Manual. PIARC, Recommendations from the World Road Association (PIARC).
20. Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen (FGSV), 2006. Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren, Köln, Deutschland
21. Giuffrè O., M. Guerrieri and A. Granà, 2010. Turbo-Roundabout General Design Criteria and Functional Principles: Case Studies from Real World. Proceedings of 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Valencia, Spain.

22. Μαυρομάτης Σ., 2018. Σημειώσεις Γεωμετρικού Σχεδιασμού Οδών, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
23. Maycock G. and R. Hall, 1984. Accidents at four-arm roundabouts, TRRL Report LR 1120, Transport and Road Research Laboratory (TRRL), Crowthorne, United Kingdom.
24. Brilon W. and B. Stuwé, 1993. Capacity and Design of Traffic Circles in Germany. In Transportation Research Record 1398. TRB, National Research Council, Washington DC, USA.
25. Schoon C. and J. Van Minnen, 1993. Accidents on Roundabouts: II. Second Study into the Road Hazard Presented by Roundabouts, Particularly with Regard to Cyclists and Moped Riders. R-93-16. SWOV Institute for Road Safety Research in the Netherlands.
26. Guichet, B., 1997. Roundabouts in France: Development, Safety, Design, and Capacity. In Proceedings of the Third International Symposium on Intersections without Traffic Signals, Portland, Oregon, University of Idaho, USA.
27. Kittelson & Associates, Inc., and TranSystems Corporation, 2003. Kansas Roundabout Guide: A Supplement to FHWA's Roundabouts: An Informational Guide. Department of Transportation, Kansas, USA.
28. Bared J. and K. Kennedy, 1999. Safety Impacts of Modern Roundabouts. In ITE Safety Toolbox, Institute of Transportation Engineers.
29. Highway Capacity Manual, 2010. Transportation Research Board of the National Academies, Washington DC, USA.
30. Federal highway Administration, (FHWA), 2014. Diverging Diamond Interchange: Informational Guide. US. Department of Transportation, Washington, DC, USA.
31. Brilon W., 2011. Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned. TRB, 3rd International Roundabout Conference, Indiana, USA.